



# MÁS Y MEJOR RIEGO PARA CHILE

**INFORME FINAL  
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**

---

<b>Acápites</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>1 - 1</b>
<b>1.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1 - 1</b>
<b>1.2.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</b>	<b>1 - 2</b>
1.2.1.	Políticas de la Comisión Nacional de Riego	1 - 2
1.2.2.	Problemas Identificados y Oportunidades de Solución	1 - 3
1.2.3.	Justificación del Estudio	1 - 6
<b>1.3.</b>	<b>OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b>	<b>1 - 7</b>
1.3.1.	Objetivo General	1 - 7
1.3.2.	Objetivos Específicos	1 - 7
<b>1.4.</b>	<b>CONTENIDOS DEL INFORME DE ETAPAS</b>	<b>1 - 8</b>
<b>2</b>	<b>SEGUIMIENTO SOLICITUDES DE DERECHOS DE AGUAS</b>	<b>2 - 1</b>
<b>2.1.</b>	<b>PROCESO DE SOLICITUD DE DERECHOS</b>	<b>2 - 1</b>
<b>2.2.</b>	<b>RESULTADOS AL CIERRE DEL ESTUDIO</b>	<b>2 - 1</b>
<b>2.3.</b>	<b>CARTILLA DE SEGUIMIENTO SOLICITUDES DE DERECHOS DE AGUA</b>	<b>2 - 9</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDIOS HIDROLÓGICOS</b>	<b>3 - 1</b>
<b>3.1.</b>	<b>ESTUDIO DE RECURSOS HÍDRICOS</b>	<b>3 - 1</b>
3.1.1.	Introducción	3 - 1
3.1.2.	Identificación de Cuencas Aportantes a los Puntos de Interés	3 - 1
3.1.3.	Identificación de Estaciones Hidrometeorológicas Presentes en el Área de Estudio	3 - 4
3.1.4.	Análisis de Estadísticas Hidrometeorológicas	3 - 14
3.1.5.	Generación de Series de Precipitación y Temperatura Mensual	3 - 18
3.1.6.	Estimación de la Escorrentía por Métodos Tradicionales	3 - 21
3.1.7.	Análisis de Frecuencia	3 - 23
<b>3.2.</b>	<b>ESTUDIO DE CRECIDAS</b>	<b>3 - 27</b>
3.2.1.	Aspectos Generales	3 - 27
3.2.2.	Precipitación Máxima en 24 Horas	3 - 27
3.2.3.	Cálculo de Caudales Máximos	3 - 30
3.2.4.	Resultados	3 - 33
<b>4</b>	<b>CARACTERIZACIÓN AGROECONÓMICA DE PREDIOS</b>	<b>4 - 1</b>
<b>4.1.</b>	<b>ENCUESTA AGROPECUARIA</b>	<b>4 - 1</b>
4.1.1.	Aspectos Generales	4 - 1
4.1.2.	Aplicación de la Encuesta	4 - 1
4.1.3.	Resultados	4 - 3
<b>4.2.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LOS PREDIOS</b>	<b>4 - 12</b>

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

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

---

<b>Acápites</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
4.2.1.	Distritos Agroclimáticos Presentes	4 - 12
4.2.2.	Adaptabilidad Climática de los Cultivos	4 - 23
<b>4.3.</b>	<b>ESTRUCTURA DE CULTIVOS Y SUPERFICIE MÁXIMA REGABLE</b>	<b>4 - 29</b>
<b>4.4.</b>	<b>DEMANDAS DE AGUA PARA RIEGO</b>	<b>4 - 33</b>
4.4.1.	Cálculo de Tasa de Riego	4 - 33
4.4.2.	Superficie Regada Definitiva	4 - 37
<b>5</b>	<b>ESTUDIO GEOTÉCNICO</b>	<b>5 - 1</b>
<b>5.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5 - 1</b>
<b>5.2.</b>	<b>PROSPECCIONES Y ENSAYOS</b>	<b>5 - 2</b>
<b>5.3.</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS</b>	<b>5 - 6</b>
<b>5.4.</b>	<b>PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO</b>	<b>5 - 16</b>
<b>5.5.</b>	<b>ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LOS MUROS</b>	<b>5 - 25</b>
5.5.1.	Metodología	5 - 25
5.5.2.	Factores de Seguridad	5 - 25
5.5.3.	Resultados	5 - 25
<b>5.6.</b>	<b>ESPECIFICACIONES GENERALES</b>	<b>5 - 33</b>
5.6.1.	Sello de Fundación	5 - 33
5.6.2.	Profundidad Mínima del Sello De Fundación	5 - 33
5.6.3.	Tratamiento del Sello de Excavación y Fundación	5 - 33
5.6.4.	Relleno del Muro	5 - 34
5.6.5.	Napa Freática	5 - 35
<b>5.7.</b>	<b>COMENTARIOS GENERALES</b>	<b>5 - 35</b>
<b>6</b>	<b>DISEÑO PRELIMINAR DE MICROTRANQUES</b>	<b>6 - 1</b>
<b>6.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6 - 1</b>
<b>6.2.</b>	<b>DEFINICIÓN EJE DE PRESA</b>	<b>6 - 1</b>
6.2.1.	Generalidades	6 - 1
6.2.2.	Características Físicas de las Obras	6 - 1
6.2.3.	Criterios de Diseño y Constructivos	6 - 4
6.2.4.	Resultados del Diseño del Microtranque	6 - 5
6.2.5.	Diseño Vertedero de Crecidas	6 - 13
6.2.6.	Verificación Canal de Descarga Vertedero	6 - 15
<b>6.3.</b>	<b>SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN</b>	<b>6 - 16</b>
<b>6.4.</b>	<b>SISTEMAS DE IMPULSIÓN</b>	<b>6 - 17</b>
6.4.1.	Generalidades	6 - 17
6.4.2.	Criterios para la Elección de Bomba	6 - 17

# ESTUDIO BÁSICO

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

### ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

Acápites	Descripción	Página
6.4.3.	Impulsión Desde Captación	6 - 18
6.4.4.	Impulsión a Predio	6 - 19
<b>6.5.</b>	<b>VERIFICACIÓN TUBERÍA DE DESCARGA GRAVITACIONAL</b>	<b>6 - 21</b>
<b>6.6.</b>	<b>CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL</b>	<b>6 - 22</b>
6.6.1.	Normas	6 - 22
6.6.2.	Materiales	6 - 22
6.6.3.	Recubrimiento	6 - 23
6.6.4.	Armadura Mínima Retracción y Temperatura	6 - 23
<b>6.7.</b>	<b>PLANOS DE PERFILES DE OBRAS</b>	<b>6 - 23</b>
<b>6.8.</b>	<b>CUBICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTOS</b>	<b>6 - 23</b>
6.8.1.	Generalidades	6 - 23
6.8.2.	Precios Unitarios	6 - 24
6.8.3.	Cubicaciones	6 - 24
6.8.4.	Presupuestos	6 - 25
<b>6.9.</b>	<b>CRONOGRAMA DEL PROYECTO</b>	<b>6 - 26</b>
<b>6.10.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>6 - 29</b>
<b>7</b>	<b>CARPETAS DE MICROTRANQUES</b>	<b>7 - 1</b>
<b>8</b>	<b>ACTIVIDAD DE CIERRE</b>	<b>8 - 1</b>
<b>8.1.</b>	<b>DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>8 - 1</b>
<b>8.2.</b>	<b>COMENTARIOS</b>	<b>8 - 4</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>9 - 1</b>

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

**ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>
2-1	Derechos de Agua	Digital
2-2	Certificados no Oposición	Digital
2-3	Solicitud Reducción Fondos Solicitados	Digital
2-4	Cartilla Seguimiento Derechos de Agua	Digital
3-1	Shape Cuencas Aportantes	Digital
3-2	PMM Rellenadas	Digital
3-3	TMM Rellenadas	Digital
3-4	QMM Rellenados	Digital
3-5	PMM y TMM por Cuenca	Digital
3-6	Escorrentía y A. Frecuencia	Digital
3-7	Caudales de Crecida	Digital
4-1	Sistematización Encuesta	Digital
4-2	Respaldo Encuesta Simple	Digital
4-3	Fichas Caracterización Agrícola	Digital
4-4	Resumen Demandas	Digital
5-1	Informes de Ensayos	Digital
5-2	Tablas	Digital
5-3	SLOPE Método Bishop	Digital
5-4	Análisis de Estabilidad	Digital
5-5	F.S. Criterio	Digital
6-1	Informes Vientos	Digital
6-2	Areas de Inundacion	Digital
6-3	Prediseño Bombas	Digital
6-4	Verificacion Obra de Captacion	Digital
6-5	Verificacion Tuberia de Descarga	Digital
6-6	Precios Unitarios	Digital
6-7	Cubicaciones	Digital
6-8	Presupuestos	Digital
6-9	Curva Embalse	Digital
6-10	Detalle cálculo Vertederos	Digital
6-11	Canal de Descarga Vertederos	Digital
7-1	Carpetas de Proyectos	Digital
8-1	Invitaciones	Digital
8-2	Recepción Personal de Invitaciones	Digital
8-3	Registro Asistencia a Reuniones	Digital
8-4	Registro Entrega Carpetas	Digital

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

Cuadro	Descripción	Página
2-1	Seguimiento Solicitudes de Derechos de Aguas	2 - 3
2-1	Seguimiento Solicitudes de Derechos de Aguas	2 - 5
2-2	Solicitudes de Fondos Recibidas	2 - 7
2-3	Resultado de Contacto CNR con los Beneficiarios para Consulta de Intención de Continuidar En El Proceso	2 - 7
3.1.2-1	Subcuencas Aportantes a Sitios de Microtranques	3 - 1
3.1.3.1-1	Estaciones Hidrometeorológicas Preseleccionadas	3 - 4
3.1.3.1-2	Disponibilidad de Datos en Estaciones Pluviométricas Pre Seleccionadas (Cantidad de Meses con Datos)	3 - 7
3.1.3.1-3	Disponibilidad de Datos en Estaciones de Temperatura Pre Seleccionadas	3 - 9
3.1.3.1-4	Disponibilidad de Datos en Estaciones Fluviométricas Pre Seleccionadas	3 - 11
3.1.3.1-5	Estaciones Hidrometeorológicas Preseleccionadas	3 - 13
3.1.6-1	Resultados Modelación Tradicional	3 - 22
3.1.7-1	Resultados 85% de Probabilidad de Excedencia	3 - 24
3.1.7-2	Análisis de Necesidad de Uso de Recursos Eventuales	3 - 25
3.2.4-1	Superficie de la Cuenca Aportante de Cada Sitio (Km2)	3 - 33
3.2.4-2	Caudales de Crecida	3 - 35
4.1.2-1	Predios Encuestados	4 - 2
4.1.3-1	Tipo de Superficie Agrícola Resultados Encuesta	4 - 5
4.1.3-2	Posesión de Derechos de Aguas Resultados Encuesta	4 - 6
4.1.3-3	Antecedentes Técnicos y Productivos Resultados Encuesta	4 - 6
4.1.3-4	Conocimiento Respecto de Métodos de Riego Resultados Encuesta	4 - 7
4.1.3-5	Pretención de Uso Futuro del Suelo por Método de Riego	4 - 8
4.2.1-1	Coordenadas de Ubicación y Distrito Agroclimático de Predios	4 - 15
4.2.1-2	Valores Mensuales y Anuales de Parámetros de Caracterización Agroclimática Distrito 7-8-1: Constitución	4 - 17
4.2.1-3	Valores Mensuales y Anuales de Parámetros de Caracterización Agroclimática Distrito 7-8-3: Cauquenes	4 - 18
4.2.1-4	Valores Mensuales y Anuales de Parámetros de Caracterización Agroclimática Distrito 6-7-1: Curepto	4 - 19
4.2.1-5	Valores Mensuales y Anuales de Parámetros de Caracterización Agroclimática Distrito 7-8-2: Empedrado	4 - 20
4.2.1-6	Valores Mensuales y Anuales de Parámetros de Caracterización Agroclimática Distrito 6-7-2: Lolol	4 - 21
4.2.1-7	Valores Mensuales y Anuales de Parámetros de Caracterización Agroclimática Distrito 7-8-4: Talca	4 - 22
4.2.1-8	Valores Mensuales y Anuales de Parámetros de Caracterización Agroclimática Distrito 5-7-1: Pichilemu	4 - 23
4.2.2-1	Adaptabilidad Climática de Cultivos	4 - 25

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

Cuadro	Descripción	Página
4.2.2-1	Adaptabilidad Climática de Cultivos	4 - 27
4.3-1	Estructura de Cultivos y Superficie Máxima Regable	4 - 29
4.4.1-1	Coeficientes de Cultivo Kc por Categoría De Cultivos	4 - 34
4.4.1-2	Eficiencias de Riego Por Método Utilizadas en el Área de Estudio	4 - 35
4.4.1-3	Tasas de Riego Mensuales Sitios En Estudio	4 - 36
4.4.2-1	Superficie Regada Con 85% de Seguridad y Demandas Brutas Totales	4 - 38
5.2-1	Coordenadas Calicatas en 60 Sitios de Embalses	5 - 3
5.3-1	Resumen Resultados de Ensayos Informes	5 - 7
5.4-1	Propiedades de Resistencia al Corte Suelo Fundación Muro de los Microtranques	5 - 17
5.4-2	Propiedades Geotécnicas Relleno Muro de los Microtranques	5 - 22
5.5.3-1	Talud Aguas Arriba y Talud Aguas Abajo Microtranques	5 - 27
6.2.4-1	Resultados Cálculo Ola de Diseño de los Microtranques	6 - 7
6.2.4-2	Resultados Diseño Microtranque	6 - 11
6.2.5-1	Diseño Vertedero	6 - 13
6.2.6-1	Largo y Desnivel de Sistemas de Impulsión desde Captación	6 - 16
6.4.3.1-1	Largo y Desnivel de Sistemas de Impulsión desde Captación	6 - 18
6.4.3.1-2	Requerimiento de Bombas de Impulsión desde Captación	6 - 18
6.4.3.1-3	Caudal Mensual de Bomba Solar	6 - 19
6.4.4-1	Largo y Desnivel de Sistemas de Impulsión a Predio	6 - 19
6.4.4-2	Requerimiento de Bombas de Impulsión a Predio	6 - 20
6.4.4-3	Caudal Mensual de Bomba Solar	6 - 21
6.5-1	Caudal de Descarga Tubería Hdpe 300 Mm	6 - 22
6.6.4-1	Armadura Mínima de Refuerzos	6 - 23
6.8.2-1	Resumen Precios Unitarios	6 - 24
6.8.4-1	Resumen de Costos Microtranques	6 - 25
6.9-1	Cronograma del Proyecto de Hasta 10.000 M <sup>3</sup>	6 - 27
6.9-2	Cronograma del Proyecto Entre 10.000 Y 20.000 M <sup>3</sup>	6 - 27
6.9-3	Cronograma del Proyecto Entre 20.000 Y 30.000 M <sup>3</sup>	6 - 28
6.9-4	Cronograma del Proyecto Entre 30.000 Y 40.000 M <sup>3</sup>	6 - 29
8.1-1	Programa Actividad De Cierre	8 - 1

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE MICROTRANQUES EN EL SECANO COSTERO DE LA VII REGIÓN"

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura	Descripción	Página
1.2.2.1-1	Iniciativas Recogidas en la Elaboración de los Planes de Riego para la Zona del Secano Costero	1-4
1.2.2.2-1	Zonas Afectadas por los Incendios de Enero 2017	1-5
3.1.2-1	Subcuencas Aportantes a Sitios de Microtranques	3-3
3.1.3.1-1	Estaciones Hidrometeorológicas Presentes en el Área de Estudio	3-6
3.1.5-1	Red de Polígonos de Thiessen Empleada para Precipitaciones	3-19
3.1.5-2	Red de Polígonos de Thiessen Empleada para Temperaturas	3-20
3.2.2-1	Interpolación Isoyetas Precipitación Máxima Diaria DGA	3-29
4.2.1-1	Distribucion y Área de Influencia de Distritos Agroclimaticos	4-13
4.2.1-2	Distribucion y Área de Influencia de Distritos Agroclimaticos	4-14
5.1-1	Ubicación del Proyecto	5-1
5.3-1	Perfiles Estratigráficos Calicatas Sector Norte de la Región del Maule	5-14
5.3-2	Perfiles Estratigráficos Calicatas Sector Sur de la Región del Maule	5-15
6.2.2-1	Esquema General de una Obra Tipo	6-3
6.3-1	Esquema Obras de Impermeabilización para Tranques Excavados	6-17
8.2-1	Imágenes Reuniones de Entrega de Resultados	8-3

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

**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

---

<b>Gráfico</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
3.1.4.1-1	Precipitaciones Medias Anuales	3-15
3.1.4.1-2	Precipitaciones Medias Mensuales	3-15
3.1.4.2-1	Temperaturas Medias Anuales	3-16
3.1.4.2-2	Temperaturas Medias Mensuales	3-17
3.1.4.3-1	Caudales Medios Mensuales	3-18

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

## **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 es 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 m<sup>3</sup>.

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 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. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

### **1.2.1. 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.

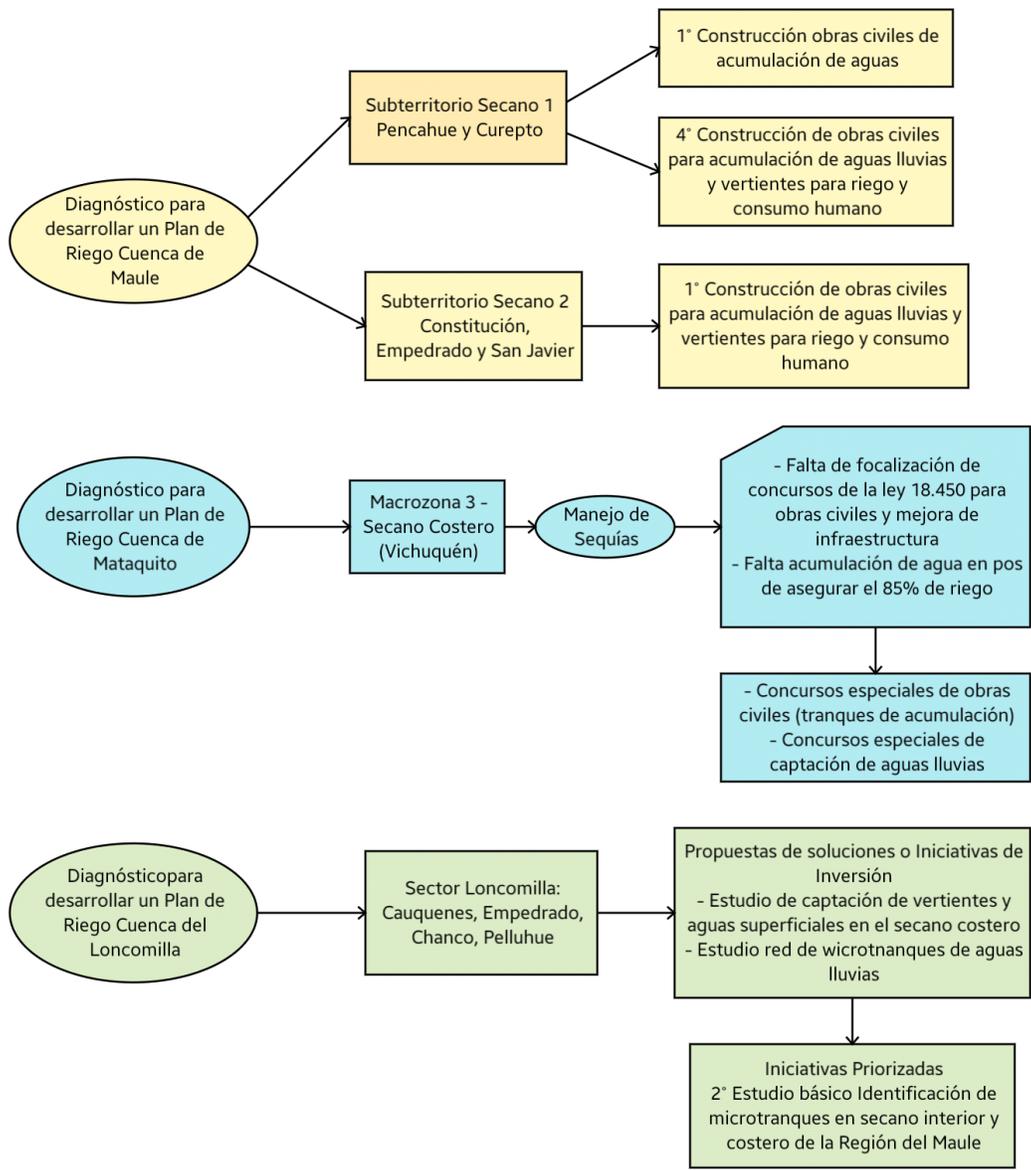
En el área de estudio existen dos problemas fundamentales que afectan las posibilidades del desarrollo agrícola: la escasez hídrica, caracterizada por episodios de sequía, la necesidad de reconstrucción post incendios 2017 y la erosión de los suelos.

## **1.2.2. Problemas Identificados y Oportunidades de Solución**

### **1.2.2.1. Escasez Hídrica**

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, Pehuenhue, 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.

Esta situación se ha mantenido en el tiempo y el problema, según la información que se ha recogido por los estudios desarrollados en la zona, ya no es visto por parte de los agricultores como un evento aislado, sino como una condición recurrente. Así es como 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. Un resumen de esto se puede apreciar en la Figura 1.2.2.1-1.



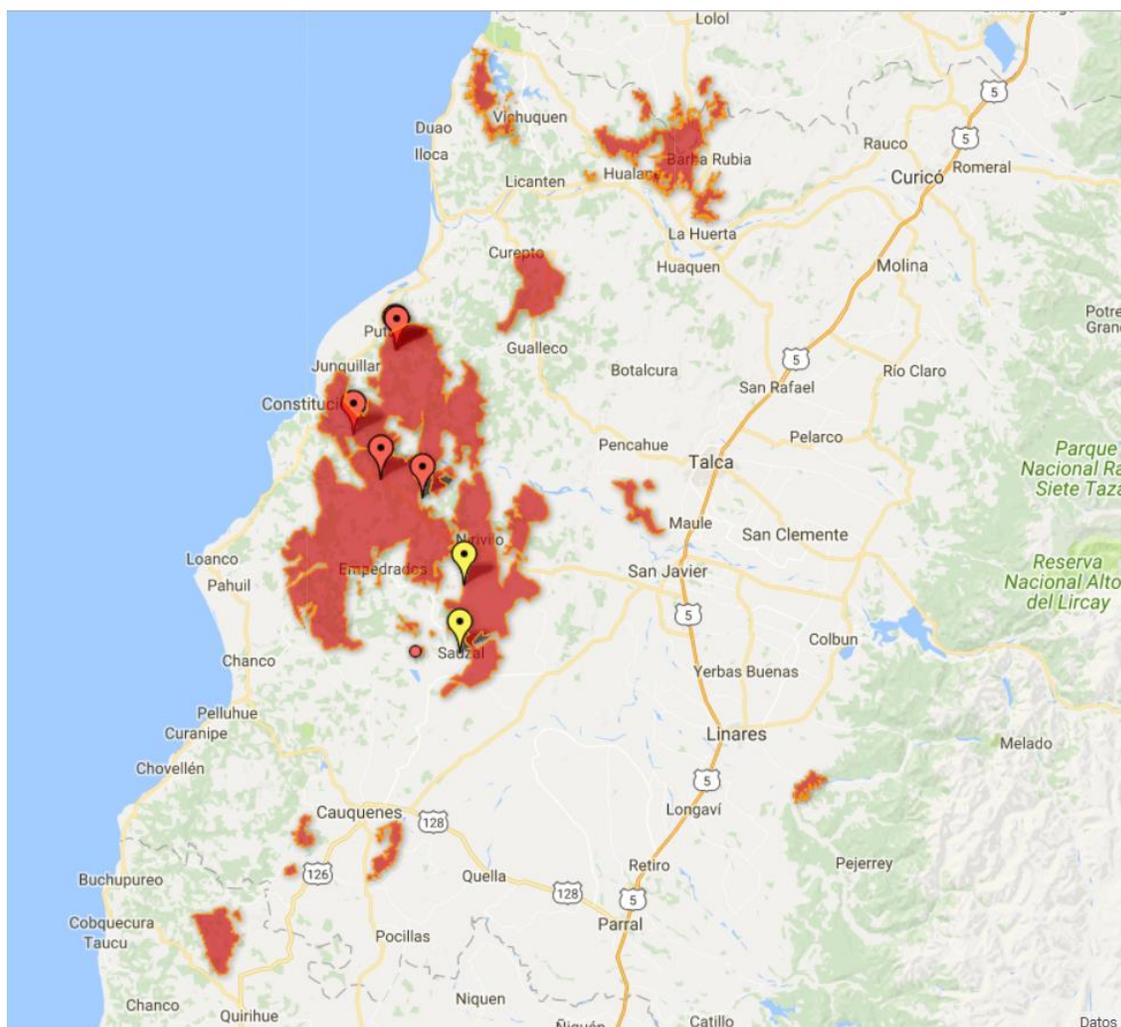
**FIGURA 1.2.2.1-1  
INICIATIVAS RECOGIDAS EN LA ELABORACIÓN DE LOS PLANES DE RIEGO  
PARA LA ZONA DEL SECANO COSTERO**

Fuente: Elaboración propia con base a información de los Términos de Referencia y los Planes de Riego de las Cuencas de Maule, Mataquito y Loncomilla.

**1.2.2.2. Reconstrucción Post Incendios**

Durante el año 2017, específicamente entre el 18 de enero y el 5 de febrero de 2017, las elevadas temperaturas, en combinación con ráfagas de viento y extensas áreas de plantaciones forestales, propiciaron la propagación de incendios forestales en sectores puntuales que se transformaron en megaincendios que arrasaron valles, cerros y pueblos completos, incluidas las superficies agropecuarias que en

ellas se encontraban. En la Figura 1.2.2.2-1, se puede apreciar las zonas afectadas por los incendios, las cuales forman parte del área de estudio.



**FIGURA 1.2.2.2-1**  
**ZONAS AFECTADAS POR LOS INCENDIOS DE ENERO 2017**

Fuente: Mapa de los efectos socio ambientales de los incendios forestales en la Región del Maule.<sup>1</sup>

Según información de ODEPA, en la Región del Maule los incendios ocurridos entre el 18 de enero y el 5 de febrero de 2017 afectaron un total de 12.551 ha de uso agrícola, las cuales se traducen en 2.117 productores agrícolas afectados.

<sup>1</sup> Disponible en el Sitio Web: <https://resumen.cl/articulos/mapa-impactos-socio-ambientales-de-los-incendios-forestales-de-2017-en-la-region-del-maule>

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.

### **1.2.2.3. Erosión**

El mayor impacto de esta problemática se presenta en la zona del secano costero de la Región del Maule, según un estudio de la Universidad de Talca el problema afecta cerca de 1 millón 400 mil hectáreas, y que, las comunas con mayor tasa de desertificación son Chanco, Curepto, Empedrado, Hualañé, Licantén y Pelarco.

Las causas de este proceso son fundamentalmente antrópicas, producto de la sobreexplotación de tierras, la deforestación y los incendios forestales. Este problema se vio agravado por los incendios forestales del año 2017, y que sumado a las precipitaciones del invierno sobre el suelo que quedó desnudo, posiblemente aumentaron el arrastre del material.

### **1.2.2.4. Otras Problemáticas**

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 (abarcán 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.

### **1.2.3. 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.

### **1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

#### **1.3.1. 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.

#### **1.3.2. 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.

#### **1.4. CONTENIDOS DEL INFORME DE ETAPAS**

El informe se compone de 8 capítulos, según se indica:

- **Capítulo 1:** Introducción y Objetivos
- **Capítulo 2:** Seguimiento Solicitudes de Derechos de Aguas
- **Capítulo 3:** Estudio de Crecidas
- **Capítulo 4:** Caracterización Agroeconómica de Sitios de Microtranques
- **Capítulo 5:** Estudios Geotécnicos Básicos
- **Capítulo 6:** Diseño Preliminar de Microtranques
- **Capítulo 7:** Carpetas de Microtranques
- **Capítulo 8:** Actividad de cierre

## **CAPÍTULO 2**

# **SEGUIMIENTO SOLICITUDES DE DERECHOS DE AGUAS**

## **2. SEGUIMIENTO SOLICITUDES DE DERECHOS DE AGUAS**

### **2.1. PROCESO DE SOLICITUD DE DERECHOS**

Se presentaron las 60 solicitudes a la Dirección General de Aguas (DGA), una por cada sitio seleccionado. Las solicitudes correspondientes a la provincia de Talca se presentaron directamente a la DGA; y las pertenecientes a las provincias de Curicó y Cauquenes fueron ingresadas en las oficinas de las Gobernaciones Provinciales correspondientes.

Siguiendo el procedimiento establecido por la DGA, se realizaron las publicaciones en el Diario Oficial, en un diario de Santiago y en un diario de la provincia correspondiente al lugar en que se encuentra el punto de captación solicitado, además de los avisos radiales; todos estos antecedentes fueron ingresados en las gobernaciones de Curicó y Cauquenes y en la DGA de Talca. Copia de los documentos se presentan en el Anexo 2-1.

Este proceso se realizó dos veces a lo largo del estudio, en la primera oportunidad existió un error en la unidad de medida de caudal utilizada, por lo cual estas solicitudes debieron ser desistidas y presentadas nuevamente.

En la segunda ocasión, las solicitudes fueron realizadas según el ejemplo indicado en el "Manual de normas y procedimientos para la administración de recursos hídricos" (DGA, 2008), incorporando en los antecedentes presentados datos como la comuna, y el cauce al cual es afluente la fuente desde donde se obtendrá el derecho solicitado. En esta oportunidad, fue rechazada una solicitud, y se identificaron problemas en la identificación de los nombres discordantes con lo indicado en las cartas IGM. Por lo que se decidió desistir estas solicitudes y realizar una nueva presentación. El resultado de esto es que, producto de los plazos desde los ingresos hasta la obtención de un número de expediente rondan los 4 meses, existen solicitudes que no cuentan con esta información al cierre del estudio.

### **2.2. RESULTADOS AL CIERRE DEL ESTUDIO**

En cuanto a los certificados de no oposición, no se encuentra información disponible en sistema de aquellos que corresponden a la Provincia de Talca, en donde directamente se encarga la oficina DGA. Los certificados disponibles en el sistema de seguimiento de la DGA, se presentan en el Anexo 2-1.

En el Cuadro 2-1, se presenta el estado de las solicitudes de derechos de aguas de cada uno de los proyectos.



**CUADRO 2-1**  
**SEGUIMIENTO SOLICITUDES DE DERECHOS DE AGUAS**

N°	Sitio	Id ficha	Ingreso Solicitud en DGA y Gobernaciones	Publicación Diario Oficial	Publicación en Diario de Circulación Nacional	Publicación Diario Local	Emisión Aviso Radial	Ingreso de Publicaciones a Gobernación o DGA	Código de Expediente Asignado	Estado Actual en el Sistema	Oficio No Oposición
1	SD-01	JA-05	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2406	Pendiente	Recibido
2	SD-02	JA-81	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4422	Pendiente	Publicado
3	SD-03	JA-23	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2400	Pendiente	Recibido
4	SD-04	JA-16	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2409	Pendiente	Recibido
5	SD-05	JA-40	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4424	Pendiente	Publicado
6	SD-06	JA-61	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4902	Pendiente	No publicado
7	SD-07	JA-60	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4901	Pendiente	No publicado
8	SD-08	SM-01	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2410	Pendiente	Recibido
9	SD-09	JA-13	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2401	Pendiente	Recibido
10	SD-10	JA-15	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2422	Pendiente	Recibido
11	SD-11	SM-03	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2421	Pendiente	Recibido
12	SD-12	JA-12	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2420	Pendiente	Recibido
13	SD-13	JA-14	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2419	Pendiente	Recibido
14	SD-14	JA-02	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2415	Pendiente	Recibido
15	SD-15	JA-53	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4411	Pendiente	Publicado
16	SD-16	JA-06	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2416	Pendiente	Recibido
17	SD-17	SM-09	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4912	Pendiente	No publicado
18	SD-18	JA-42	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4911	Pendiente	No publicado
19	SD-19	SM-02	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2417	Pendiente	Recibido
20	SD-20	JA-18	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2418	Pendiente	Recibido
21	SD-21	CE-14	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4419	Pendiente	Publicado
22	SD-22	JA-20	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2405	Pendiente	Recibido
23	SD-23	JA-50	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4413	Pendiente	Publicado
24	SD-24	JA-46	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4637	Pendiente	(*)
25	SD-25	JA-72	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2404	Pendiente	Recibido
26	SD-26	JA-11	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2403	Pendiente	Recibido
27	SD-27	JA-47	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4420	Pendiente	Publicado
28	SD-28	SM-04	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2413	Pendiente	Recibido
29	SD-29	JA-07	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2423	Pendiente	Recibido
30	SD-30	JA-73	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2412	Pendiente	Recibido



**CUADRO 2-1**  
**SEGUIMIENTO SOLICITUDES DE DERECHOS DE AGUAS**

N°	Sitio	Id ficha	Ingreso Solicitud en DGA y Gobernaciones	Publicación Diario Oficial	Publicación en Diario de Circulación Nacional	Publicación Diario Local	Emisión Aviso Radial	Ingreso de Publicaciones a Gobernación o DGA	Código de Expediente Asignado	Estado Actual en el Sistema	Oficio No Oposición
31	SD-31	JA-59	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4907	Pendiente	No publicado
32	SD-32	JA-17	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2414	Pendiente	Recibido
33	SD-33	CE-15	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4410	Pendiente	Publicado
34	SD-34	SM-06	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2483	Rechazado	(*)
35	SD-35	JA-76	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-5040	Pendiente	(*)
36	SD-36	JA-22	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2411	Pendiente	Recibido
37	SD-37	JA-08	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2425	Pendiente	Recibido
38	SD-38	JA-51	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4416	Pendiente	Publicado
39	SD-39	JA-79	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4423	Pendiente	Publicado (No disponible para descarga)
40	SD-40	JA-21	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2402	Pendiente	Recibido
41	SD-41	JA-03	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2426	Pendiente	Recibido
42	SD-42	JA-75	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4899	Pendiente	No publicado
43	SD-43	CE-09	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4903	Pendiente	No publicado
44	SD-44	JA-01	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2481	Pendiente	(*)
45	SD-45	JA-33	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4415	Pendiente	Publicado
46	SD-46	JA-48	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4425	Pendiente	Publicado
47	SD-47	JA-28	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2397	Pendiente	Recibido
48	SD-48	CE-08	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4905	Pendiente	No publicado
49	SD-49	JA-04	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2398	Pendiente	Recibido
50	SD-50	JA-56	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4909	Pendiente	No publicado
51	SD-51	JA-49	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4412	Pendiente	Publicado
52	SD-52	JA-70	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4908	Pendiente	No publicado
53	SD-53	SM-08	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4900	Pendiente	No publicado
54	SD-54	JA-32	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4417	Pendiente	Publicado
55	SD-55	CE-02	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4910	Pendiente	No publicado
56	SD-56	JA-10	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2399	Pendiente	Recibido
57	SD-57	CE-06	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0702-4906	Pendiente	No publicado
58	SD-58	JA-64	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4414	Pendiente	Publicado
59	SD-59	JA-19	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0704-2407	Pendiente	Recibido
60	SD-60	JA-52	Realizado	Publicado	Publicado	Publicado	Emitido	Ingresado	ND-0701-4631	Pendiente	(*)

(\*) Solicitudes reingresadas en el mes de octubre de 2019, en la primera oportunidad sin oposiciones. Actualmente se encuentra pendiente la recepción del certificado o su publicación en la web de la DGA.

Fuente: Elaboración propia.



Respecto de las peticiones de recursos para las visitas inspectivas, inicialmente se recibieron solicitudes de fondos en 6 casos, los que se presentan en el Cuadro 2-2.

**CUADRO 2-2  
SOLICITUDES DE FONDOS RECIBIDAS**

Sitio	Peticionario	Expediente	Monto Solicitado
SD-18	LIDE DEL CARMEN MOLINA GONZÁLEZ	ND-0702-4911	\$240.000
SD-35	IRIS SUSANA HERRERA RETAMAL	ND-0702-4904	\$240.000
SD-43	GILBERTO GERARDO RAMÍREZ POBLETE	ND-0702-4903	\$240.000
SD-48	FERNANDO PATRICIO ABARCA VERGARA	ND-0702-4905	\$240.000
SD-55	JOSÉ MOISÉS ESPINA ESPINA	ND-0702-4910	\$240.000
SD-57	MARÍA MILAGRO MARTÍNEZ DAZA	ND-0702-4906	\$240.000

Fuente: Elaboración propia.

Producto de los costos asociados a las solicitudes de fondos recibidas, se elaboró un recorrido que optimice las visitas y permita disminuir los costos de las visitas inspectivas, esto fue entregado al mandante, quien hizo envío a la DGA de un oficio que solicita la reducción de los montos solicitados. Por su parte, el consultor hizo ingreso de una carta respuesta a la solicitud de fondos realizada, en la que se hacía referencia a dicho oficio, la que se presenta en el Anexo 2-3, junto con los antecedentes asociados.

Las gestiones realizadas por la CNR con la DGA respecto de los montos solicitados para las visitas a terreno, se logró llegar a un acuerdo y reducir el monto solicitado a los beneficiarios \$60.000 por visita, lo cual queda formalizado en el Oficio DGA Maule N°330, se que presenta en el Anexo 2-3.

De forma paralela y posterior a la entrega de las carpetas a los beneficiarios y la exposición respecto de los siguientes pasos en el proceso de solicitud de los derechos de aguas, el equipo de la CNR realizó gestiones para contactar a los beneficiarios y conocer su disposición a pagar las visitas y continuar con el proceso. A la fecha, han tomado contacto con 34 de los 60 beneficiarios, y solamente 4 de ellos han manifestado intención de no continuar con el proceso. Los resultados de estas gestiones, fueron informados a la DGA a través del Oficio CNR N°750 (incorporado en Anexo 2-3), adjuntando los datos que se presentan en el Cuadro 2-3.

**CUADRO 2-3  
RESULTADO DE CONTACTO CNR CON LOS BENEFICIARIOS PARA CONSULTA DE INTENCIÓN DE  
CONTINUAR EN EL PROCESO**

N°	SITIO	NOMBRE SOLICITANTE	CONTACTADO	VOLUNTAD DE CONTINUAR EL PROCESO
1	SD-01	PATRICIO ALEJANDRO VALDÉS ESPINOZA	NO	-
2	SD-02	ELIO VERGARA	SI	NO
3	SD-03	MARÍA PATRICIA REGINA VENEGAS LAZO	SI	SI
4	SD-04	GUILLERMO JOSÉ DEL RÍO SALAS	SI	SI
5	SD-05	ARTEMIO VALENZUELA ROJAS	SI	SI
6	SD-06	NIVALDO ANTONIO MORALES VALDÉS	SI	NO

**CUADRO 2-3**  
**RESULTADO DE CONTACTO CNR CON LOS BENEFICIARIOS PARA CONSULTA DE INTENCIÓN DE**  
**CONTINUAR EN EL PROCESO**

N°	SITIO	NOMBRE SOLICITANTE	CONTACTADO	VOLUNTAD DE CONTINUAR EL PROCESO
7	SD-07	DARÍO DEL CARMEN RETAMAL RODRÍGUEZ	NO	-
8	SD-08	FLOR MARÍA VALENZUELA CHAVARRÍA	NO	-
9	SD-09	SALVADOR YÁÑEZ SALAS (FALLECIDO, SE CONTACTA A WALDO YAÑEZ)	SI	SI
10	SD-10	ROGELIO DEL CARMEN HENRÍQUEZ	SI	SI
11	SD-11	ALBA IRIS ROJAS SEPÚLVEDA	SI	SI
12	SD-12	ANA LUISA ALEGRÍA VÉLIZ	SI	SI
13	SD-13	VICENTE ALEJANDRO LOYOLA CONTRERAS	SI	SI
14	SD-14	SERGIO DEL CARMEN CANCINO GARRIDO	SI	SI
15	SD-15	MANUEL JESÚS SILVA MUÑOZ	NO	-
16	SD-16	BERARDO ALBERTO PEÑAILILLO AVILA	SI	SI
17	SD-17	IDECIDA DEL CARMEN FIGUEROA CANCINO	NO	-
18	SD-18	LIDE DEL CARMEN MOLINA GONZÁLEZ	SI	SI
19	SD-19	BRÍGIDA DEL ROSARIO MUÑOZ HENRÍQUEZ	SI	SI
20	SD-20	JOSÉ DEL CARMEN MUÑOZ VALDÉS	SI	SI
21	SD-21	LUIS REYES GONZÁLEZ	NO	-
22	SD-22	FLAVIO ANTONIO LETELIER FLORES	SI	SI
23	SD-23	PATRICIA DEL CARMEN VALDIVIA VERGARA	NO	-
24	SD-24	FERNANDO DEL CARMEN CORTÉS NARANJO	NO	-
25	SD-25	LUIS GUMERCINDO LATORRE MUÑOZ	SI	SI
26	SD-26	SILVIA ALICIA MOLINA BAUNGARTNER	SI	SI
27	SD-27	LUIS RUDECINDO CORTÉS NARANJO	NO	-
28	SD-28	LUCINDA DEL CARMEN PEREIRA MUÑOZ	SI	SI
29	SD-29	PATRICIO ALEJANDRO VALDÉS ESPINOZA	NO	-
30	SD-30	MARÍA ELENA DEL CARMEN ARAVENA ARAVENA	SI	SI
31	SD-31	AGRÍCOLA LA ORILLA - RODRIGO GABRIEL AZÓCAR GUERRERO	SI	SI
32	SD-32	MARÍA ANGÉLICA LARA TORRES	SI	SI
33	SD-33	PATRICIA DE LAS MERCEDES GONZÁLEZ ALIAGA	SI	SI
34	SD-34	FELIMÓN ALEJANDRO ARELLANO CAMPOS	NO	-
35	SD-35	IRIS SUSANA HERRERA RETAMAL	NO	-
36	SD-36	JOSÉ DANIEL ALARCÓN DURÁN	NO	-
37	SD-37	AGRÍCOLA LA ISLA - ALFREDO GONZALO PAROT DONOSO	NO	-
38	SD-38	MANUEL JESÚS MEDINA QUITRAL	SI	SI
39	SD-39	ROMÁN CELÍN VENEGAS MALDONADO	NO	-
40	SD-40	HILDA ROSA ARAVENA ARAVENA	NO	-
41	SD-41	JOSÉ ALFONSO ZAPATA JARA	SI	SI
42	SD-42	GUSTAVO MARCELO ESPÍNDOLA OSSA	SI	SI
43	SD-43	GILBERTO GERARDO RAMÍREZ POBLETE	NO	-

**CUADRO 2-3**  
**RESULTADO DE CONTACTO CNR CON LOS BENEFICIARIOS PARA CONSULTA DE INTENCIÓN DE**  
**CONTINUAR EN EL PROCESO**

N°	SITIO	NOMBRE SOLICITANTE	CONTACTADO	VOLUNTAD DE CONTINUAR EL PROCESO
44	SD-44	JOSÉ ANSELMO LAGOS PÉREZ	NO	-
45	SD-45	ADRIAN JOSÉ JOAQUÍN APABLAZA CONCHA	NO	-
46	SD-46	EMILIO DEL CARMEN PULGAR DÍAZ	NO	-
47	SD-47	MOISÉS RAMIRO GARCÍA ROJAS	SI	NO
48	SD-48	FERNANDO PATRICIO ABARCA VERGARA	SI	SI
49	SD-49	RAÚL ALEJANDRO VERA PEÑAILILLO	SI	SI
50	SD-50	JOSÉ HIPÓLITO AVENDAÑO MIÑOS	NO	-
51	SD-51	JOSÉ RODRIGO DEL CARMEN CORREA AHUMADA	NO	-
52	SD-52	RAFAEL SEGUNDO MURGAS MURGAS	NO	-
53	SD-53	ROSA ISABELINA CASTRO VALENZUELA	NO	-
54	SD-54	ELIANA DEL CARMEN FAÚNDEZ CONCHA	SI	SI
55	SD-55	JOSÉ MOISÉS ESPINA ESPINA	SI	SI
56	SD-56	VICENTE SEGUNDO ARAVENA SEPÚLVEDA	SI	SI
57	SD-57	MARÍA MILAGRO MARTÍNEZ DAZA	NO	-
58	SD-58	SANTIAGO SEGUNDO GUERRERO VEAS	SI	NO
59	SD-59	ANA ALICIA DÍAZ VALENZUELA	SI	SI
60	SD-60	NORMA ROSA VENEGAS MALDONADO	NO	-

Fuente: Equipo CNR.

**2.3. CARTILLA DE SEGUIMIENTO SOLICITUDES DE DERECHOS DE AGUA**

Con el objetivo de orientar a los beneficiarios del estudio, en conjunto con la CNR se elaboró una cartilla con la información necesaria para hacer seguimiento de solicitud del derecho de aprovechamiento. Este documento se presenta en el Anexo 2-4.

**CAPÍTULO 3**

**ESTUDIOS HIDROLÓGICOS**

### 3. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

#### 3.1. ESTUDIO DE RECURSOS HÍDRICOS

##### 3.1.1. Introducción

La caracterización hidrológica desarrollada en el presente capítulo tiene por objetivo principal, generar series de caudales medios mensuales en los puntos de interés del área de estudio, con el fin de conocer la oferta hídrica asociada a los distintos sitios de microtranques, para posteriormente obtener el caudal anual de probabilidad de excedencia 85%. De esta forma, se determinaron los caudales solicitados como derechos de agua para cada proyecto. También se incluye el estudio de crecidas necesario para el posterior diseño de los vertederos de crecidas. Los puntos de interés a modelar corresponden a los sitios donde se ubicarían los muros de los microtranques o puntos de captación, según corresponda, de cada sitio. A continuación, se presentan los contenidos desarrollados para la obtención de la hidrología de los sitios estudiados.

##### 3.1.2. Identificación de Cuencas Aportantes a los Puntos de Interés

La identificación y delimitación de las cuencas aportantes a cada sitio, obedece principalmente a la ubicación del muro en la mayoría de los casos, y a la ubicación del punto de captación en el caso de tranques laterales. Se identificó un total de 60 puntos de interés, para los cuales fue delimitada su cuenca aportante y calculada su superficie. La delimitación se efectuó mediante el uso del Modelo Digital de Elevación en el software de SIG Idrisi Selva. En algunos casos se optó por la delimitación visual sobre la plataforma Google Earth. En el Cuadro 3.1.2-1 se muestran las superficies de las cuencas aportantes para efectos de la estimación de los recursos hídricos disponibles, y en la Figura 3.1.2-1 se muestra la ubicación de los 60 sitios. En el Anexo 3-1 se incluye el archivo en formato shape con el contorno de las cuencas aportantes a cada microtranque.

**CUADRO 3.1.2-1**  
**SUBCUENCAS APORTANTES A SITIOS DE MICROTRANQUES**

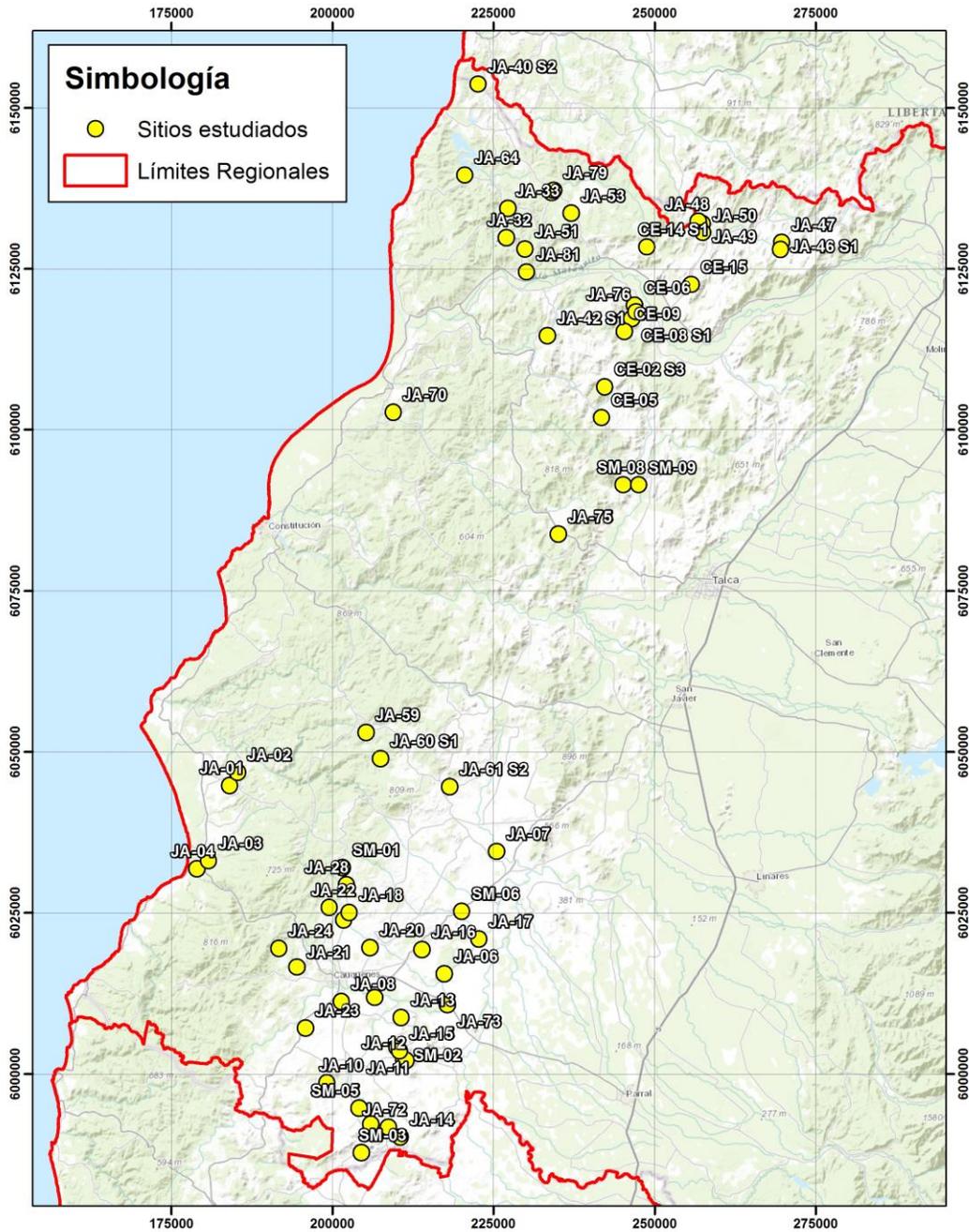
Código Sitio	Área aportante (km <sup>2</sup> )	Código Sitio	Área aportante (km <sup>2</sup> )
SD-01	0,069	SD-31	0,412
SD-02	0,359	SD-32	3,43
SD-03	0,458	SD-33	0,141
SD-04	0,780	SD-34	93,05
SD-05	4,164	SD-35	0,073
SD-06	0,587	SD-36	1,830
SD-07	0,626	SD-37	64,22
SD-08	0,032	SD-38	1,067
SD-09	1,254	SD-39	0,083
SD-10	0,123	SD-40	0,203
SD-11	0,111	SD-41	0,592
SD-12	1,447	SD-42	8,649
SD-13	1,235	SD-43	0,336

**CUADRO 3.1.2-1**  
**SUBCUENCAS APORTANTES A SITIOS DE MICROTRANQUES**

Código Sitio	Área aportante (km <sup>2</sup> )	Código Sitio	Área aportante (km <sup>2</sup> )
SD-14	0,076	SD-44	0,565
SD-15	0,436	SD-45	0,238
SD-16	0,044	SD-46	0,235
SD-17	0,128	SD-47	0,110
SD-18	1,773	SD-48	0,618
SD-19	0,210	SD-49	2,77
SD-20	0,158	SD-50	0,328
SD-21	2,027	SD-51	0,448
SD-22	1,047	SD-52	0,010
SD-23	0,095	SD-53	1,303
SD-24	36,413	SD-54	0,085
SD-25	0,311	SD-55	0,216
SD-26	0,061	SD-56	0,771
SD-27	0,391	SD-57	0,060
SD-28	0,044	SD-58	0,047
SD-29	0,111	SD-59	0,044
SD-30	1443	SD-60	0,085

Fuente: Elaboración propia.

Para cada una de las subcuencas de interés se generaron series de caudales medios mensuales. Dicha acción, se llevó a cabo mediante la aplicación de métodos de hidrología clásica, proceso que se detalla en el Acápite 3.1.5. La aplicación de los métodos requirió de un análisis previo de la estadística hidrometeorológica disponible en el área de estudio, lo cual se muestra en los Acápites 3.1.3 al 3.1.4.



**FIGURA 3.1.2-1**  
**SUBCUENCAS APORTANTES A SITIOS DE MICROTRANQUES**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.3. Identificación de Estaciones Hidrometeorológicas presentes en el Área de Estudio

#### 3.1.3.1. Disponibilidad de Datos

Las estaciones pluviométricas, fluviométricas y de temperatura ubicadas en las inmediaciones del área de estudio, pertenecen a la DGA, y red Agromet. Aquellas estaciones preseleccionadas pueden verse en la Figura 3.1.3.1-1 y en el Cuadro 3.1.3.1-1.

Estas estaciones fueron preseleccionadas por su ubicación respecto del área de estudio y posteriormente fueron filtradas según su disponibilidad de datos.

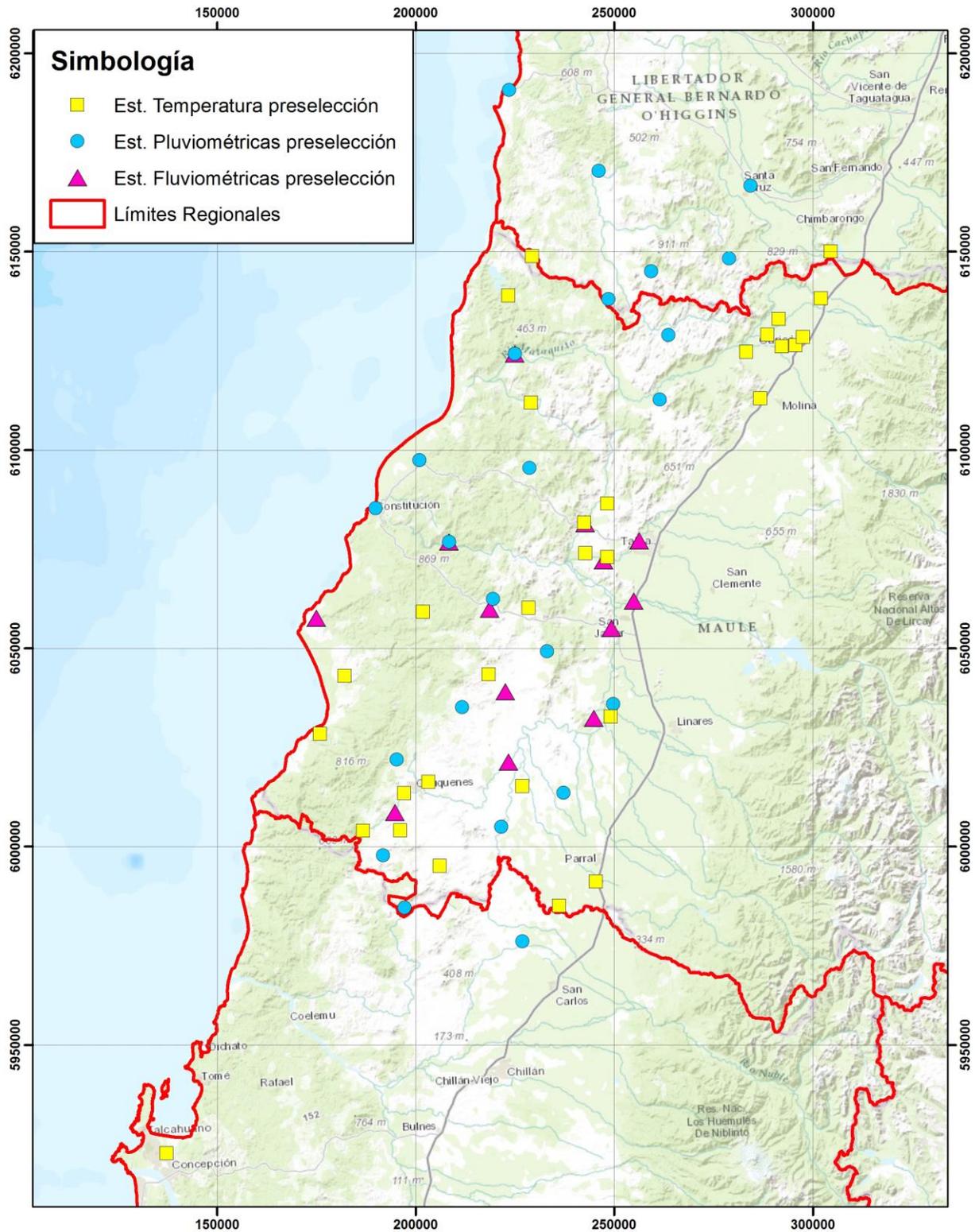
**CUADRO 3.1.3.1-1  
ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS PRESELECCIONADAS**

Red	ID	Nombre	Tipo	Red	ID	Nombre	Tipo
Agromet	1	Campanacura	Temperatura	DGA	34	Rio Loncomilla en Bodega	Fluviométrica
Agromet	2	Carriel Sur Intl	Temperatura	DGA	35	Rio Loncomilla en Las Brisas	Fluviométrica
Agromet	3	Cauquenes	Temperatura	DGA	36	Rio Maule en Longitudinal	Fluviométrica
Agromet	4	Chanco	Temperatura	DGA	37	Rio Purapel en Nirivilo	Fluviométrica
Agromet	5	Concha y Toro Pencahue	Temperatura	DGA	38	Rio Purapel en Sauzal	Fluviométrica
Agromet	6	Coronel De Maule	Temperatura	DGA	39	Constitución	Pluviométrica
Agromet	7	General Freire Curicó	Temperatura	DGA	40	El Álamo	Pluviométrica
Agromet	8	J. Bouchon	Temperatura	DGA	41	El Membrillo	Pluviométrica
Agromet	9	Lien	Temperatura	DGA	42	Gualleco	Pluviométrica
Agromet	10	Lomas	Temperatura	DGA	43	Huerta Del Maule	Pluviométrica
Agromet	11	Los Despachos	Temperatura	DGA	44	La Candelaria	Pluviométrica
Agromet	12	Miraflores	Temperatura	DGA	45	La Estrella	Pluviométrica
Agromet	13	Monte Flor Tucapel	Temperatura	DGA	46	La Palma	Pluviométrica
Agromet	14	Odjfell	Temperatura	DGA	47	Los Huinganes en Curipeumo	Pluviométrica
Agromet	15	Pencahue	Temperatura	DGA	48	Mangarral	Pluviométrica
Agromet	16	Rarín	Temperatura	DGA	49	Melozal	Pluviométrica
Agromet	17	Rauco	Temperatura	DGA	50	Millauquen	Pluviométrica
Agromet	18	Sagrada Familia	Temperatura	DGA	51	Nilahue Barahona	Pluviométrica
Agromet	19	San Pedro Molina	Temperatura	DGA	52	Nirivilo	Pluviométrica
Agromet	20	San Pedro Pencahue	Temperatura	DGA	53	Parral	Pluviométrica/ Temperatura
Agromet	21	Santa Sofía	Temperatura	DGA	54	Pichilemu	Pluviométrica
Agromet	22	Sauzal	Temperatura	DGA	55	Putú	Pluviométrica
Agromet	23	Teno	Temperatura	DGA	56	Quella	Pluviométrica
Agromet	24	Torres	Temperatura	DGA	57	Ranguili	Pluviométrica
Agromet	25	Tutuquén	Temperatura	DGA	58	Tutuvén Embalse	Pluviométrica
Agromet	26	Vichuquén	Temperatura	DGA	59	Villa Prat	Pluviométrica
Agromet	27	Viñedos Puertas	Temperatura	DGA	60	Rio Mataquito en Licantén	Pluviométrica/ Fluviométrica
DGA	28	Estero Los Puercos en Puente Los Puercos	Fluviométrica	DGA	61	Rio Maule en Forel	Pluviométrica/ Fluviométrica
DGA	29	Rio Cauquenes en Desembocadura	Fluviométrica	DGA	62	Paniahue	Pluviométrica/ Temperatura
DGA	30	Rio Cauquenes en El Arrayan	Fluviométrica	DGA	63	Pencahue	Pluviométrica/ Temperatura
DGA	31	Rio Claro en Rauquen	Fluviométrica	DGA	64	Convento Viejo	Temperatura
DGA	32	Rio Claro en Talca	Fluviométrica	DGA	65	Curico	Temperatura
DGA	33	Rio Loanco en Desembocadura	Fluviométrica				

Fuente: Elaboración propia.

En cada estación preseleccionada se realizó un chequeo de la información disponible. Dicha información se muestra en el Cuadro 3.1.3.1-2 al Cuadro 3.1.3.1-4. Se consideró como período de análisis, los últimos 31 años. Esto es, desde el año hidrológico 1986/87 al 2016/17.

Finalmente, luego de evaluar la disponibilidad de datos, se seleccionaron sólo aquellas estaciones pluviométricas y fluviométricas cuya cantidad de meses sin información fuera inferior al 33%, y además estuviera bien ubicada respecto del área de estudio. De esta forma quedó el conjunto que se muestra en el Cuadro 3.1.3.1-5 (destacadas en gris), las cuales se sometieron posteriormente al proceso de rellenado. Para el caso de las estaciones de temperatura, se aceptó hasta un mínimo de 7 años con información, para posteriormente ser rellenada, de lo contrario la disponibilidad resultante habría sido demasiado escasa. Esto se debe a que la Red Agromet, que posee una buena cobertura espacial, es más reciente que la red DGA, pero posee una baja cantidad de años con datos, mientras que la red DGA ocurre lo contrario. Ambas redes se han complementado para poder generar una buena cobertura espacial de temperaturas. En general la temperatura posee un comportamiento más homogéneo en el espacio que la precipitación, por dicho motivo, se optó por flexibilizar el criterio de selección y relleno.



**FIGURA 3.1.3.1-1**  
**ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 3.1.3.1-2**  
**DISPONIBILIDAD DE DATOS EN ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PRE SELECCIONADAS**  
**(CANTIDAD DE MESES CON DATOS)**

Estación / Año hidrológico	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	% Meses con información
Constitución	0	0	0	0	0	0	9	12	12	12	12	7	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	7	76,9
El Álamo	0	0	0	0	0	0	0	0	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	7	72,6
El Membrillo	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	10	98,7	
Gualleco	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	7	98,7
Huerta del Maule	0	0	0	0	0	0	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	7	78,8
La Candelaria	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	12	12	12	12	10	9	98,1
La Estrella	0	0	0	0	0	0	10	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	7	78,5
La Palma	12	11	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	2	96,8
Los Huinganes en Curicó.	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12	12	12	11	12	12	11	11	12	12	12	12	12	12	12	8	9	12	12	12	12	6	69,4
Mangarral	0	0	0	0	0	3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	9	80,4
Melozal	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	5	98,1
Millanquén	0	0	0	0	0	2	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	12	12	12	12	12	12	9	79,8
Nilahue Barahona	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	11	9	98,4
Nirivilo	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	6	98,4
Paniahue	12	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,2
Parral	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	8	98,9
Pencahue	9	11	12	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	8	97,0
Pichilemu	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	10	99,2
Putu	0	0	0	0	0	0	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	6	78,0
Quella	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	12	12	12	8	98,4
R. Mataquito en Licantén	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	12	12	12	11	12	12	12	9	12	12	8	12	11	11	8	47,6
Ranguil	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	99,5
Rio Maule en Forel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11	9	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	11	12	6	48,1
Tutuvén Embalse	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	6	97,8
Villa Prat	0	0	0	0	0	0	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	6	78,5

Fuente: Elaboración propia.



**CUADRO 3.1.3.1-3**  
**DISPONIBILIDAD DE DATOS EN ESTACIONES DE TEMPERATURA PRE SELECCIONADAS**  
**(CANTIDAD DE MESES CON DATOS)**

Estación / Año hidrológico	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	% Meses con información	
Convento Viejo	11	9	12	12	12	12	12	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,7	
Curicó	12	12	12	12	12	12	10	11	12	12	12	12	12	12	8	4	4	4	4	2	4	4	4	4	12	12	10	11	12	11	0	73,9	
Bouchon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	12	12	12	12	20,2	
Campanacura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
Cauquenes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	9	12	8	12	12	21,5	
Chanco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	9	12	10	12	12	21,2	
Coronel de Maule	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	12	12	12	12	12	23,4	
Lien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
Lomas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
Los Despachos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	12	12	12	12	12	23,4	
Miraflores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,8	
Monte Flor-Tucapel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2,4	
Odjfell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	11	12	12	12	19,9	
Pencahue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	12	12	12	10	12	22,8	
Rarín	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	12	12	8,1	
Rauco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	11	8	10	12	18,3		
Sagrada Familia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	12	12	11	12	12	23,1		
San Pedro-Molina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	12	12	12	12	12	20,2	
San Pedro-Pencahue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,8	
Santa Sofía	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	12	12	12	12	12	12	23,4	
Sauzal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	12	12	12	12	12	12	23,4	
Teno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	12	12	12	12	12	12	23,4	
Torres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	12	12	12	12	12	12	19,6
Tutuquén	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	12	12	8,1	
Vichuquén	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
Viñedos Puertas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	12	12	12	12	12	12	18,5	
Parral	12	12	12	12	12	12	12	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10	11	12	34,9		
Pencahue	8	8	3	12	12	11	12	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	11	24,5		
Carriel Sur Intl	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	100,0	

Fuente: Elaboración propia.



**CUADRO 3.1.3.1-4**  
**DISPONIBILIDAD DE DATOS EN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS PRE SELECCIONADAS**  
**(CANTIDAD DE MESES CON DATOS)**

Estación / Año hidrológico	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	% Meses con información	
Estero Los Puercos en Puente Los Puercos	12	11	12	8	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	11	12	12	11	6	12	12	11	12	10	12	12	12	12	8	94,4	
Río Cauquenes en desembocadura	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	9	12	12	12	7	12	11	8	6	12	12	12	12	12	12	12	10	9	8	91,9	
Río Cauquenes en el Arrayan	12	12	12	12	12	12	10	12	12	8	12	12	10	12	12	12	12	12	12	12	11	11	10	9	12	12	12	12	9	12	9	94,4	
Río Claro en Rauquén	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	9	11	12	12	12	12	11	5	55,1	
Río Claro en Talca	12	12	12	12	12	12	12	12	12	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,1
Río Loanco en Desembocadura	0	7	12	12	6	8	12	12	10	12	10	12	12	12	12	12	8	5	9	10	3	12	12	12	5	0	0	0	0	0	0	63,7	
Río Loncomilla en Bodega	11	10	12	11	12	12	12	7	9	12	12	12	11	10	11	12	9	9	12	12	8	10	9	9	12	12	12	12	4	10	10	87,6	
Río Loncomilla en Las Brisas	12	12	12	10	11	12	12	12	12	12	12	9	9	12	12	11	6	12	12	12	12	11	10	12	10	12	12	12	12	12	9	93,5	
Río Mataquito en Licantén	2	11	11	12	12	12	12	12	12	12	10	10	10	12	12	12	12	12	12	12	12	10	11	12	12	12	11	10	12	12	11	93,3	
Río Maule en Forel	10	8	12	12	12	12	11	12	11	8	11	8	9	9	12	12	12	10	12	12	12	12	12	12	10	12	12	12	11	11	8	91,1	
Río Maule en Longitudinal	11	12	10	12	12	7	10	12	11	10	11	9	12	12	12	11	10	12	12	12	12	12	11	12	12	10	12	11	12	11	12	93,3	
Río Purapel en Nirivilo	9	10	11	11	9	11	11	12	11	12	11	10	9	12	11	9	7	8	8	9	3	12	9	12	12	2	8	5	0	8	0	73,1	
Río Purapel en Sauzal	12	12	12	9	9	11	12	12	10	9	7	11	12	4	6	10	8	11	12	12	12	10	9	12	9	11	12	11	5	10	4	82,3	

Fuente: Elaboración propia.



**CUADRO 3.1.3.1-5  
ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS PRESELECCIONADAS**

Red	ID	Nombre	Tipo	Red	ID	Nombre	Tipo
Agromet	1	Campanacura	Temperatura	DGA	34	Rio Loncomilla en Bodega	Fluviométrica
Agromet	2	Carriel Sur Intl	Temperatura	DGA	35	Rio Loncomilla en Las Brisas	Fluviométrica
Agromet	3	Cauquenes	Temperatura	DGA	36	Rio Maule en Longitudinal	Fluviométrica
Agromet	4	Chanco	Temperatura	DGA	37	Rio Purapel en Nirivilo	Fluviométrica
Agromet	5	Concha y Toro Pencahue	Temperatura	DGA	38	Rio Purapel en Sauzal	Fluviométrica
Agromet	6	Coronel De Maule	Temperatura	DGA	39	Constitución	Pluviométrica
Agromet	7	General Freire Curico	Temperatura	DGA	40	El Álamo	Pluviométrica
Agromet	8	J. Bouchon	Temperatura	DGA	41	El Membrillo	Pluviométrica
Agromet	9	Lien	Temperatura	DGA	42	Gualleco	Pluviométrica
Agromet	10	Lomas	Temperatura	DGA	43	Huerta Del Maule	Pluviométrica
Agromet	11	Los Despachos	Temperatura	DGA	44	La Candelaria	Pluviométrica
Agromet	12	Miraflores	Temperatura	DGA	45	La Estrella	Pluviométrica
Agromet	13	Monte Flor Tucapel	Temperatura	DGA	46	La Palma	Pluviométrica
Agromet	14	Odfell	Temperatura	DGA	47	Los Huinganes en Curipeumo	Pluviométrica
Agromet	15	Pencahue	Temperatura	DGA	48	Mangarral	Pluviométrica
Agromet	16	Rarin	Temperatura	DGA	49	Melozal	Pluviométrica
Agromet	17	Rauco	Temperatura	DGA	50	Millauquén	Pluviométrica
Agromet	18	Sagrada Familia	Temperatura	DGA	51	Nilahue Barahona	Pluviométrica
Agromet	19	San Pedro Molina	Temperatura	DGA	52	Nirivilo	Pluviométrica
Agromet	20	San Pedro Pencahue	Temperatura	DGA	53	Parral	Pluviométrica/ Temperatura
Agromet	21	Santa Sofía	Temperatura	DGA	54	Pichilemu	Pluviométrica
Agromet	22	Sauzal	Temperatura	DGA	55	Putu	Pluviométrica
Agromet	23	Teno	Temperatura	DGA	56	Quella	Pluviométrica
Agromet	24	Torres	Temperatura	DGA	57	Ranguili	Pluviométrica
Agromet	25	Tutuquén	Temperatura	DGA	58	Tutuvén Embalse	Pluviométrica
Agromet	26	Vichuquén	Temperatura	DGA	59	Villa Prat	Pluviométrica
Agromet	27	Viñedos Puertas	Temperatura	DGA	60	Rio Mataquito en Licanten	Pluviométrica/ Fluviométrica
DGA	28	Estero Los Puercos en Puente Los Puercos	Fluviométrica	DGA	61	Rio Maule en Forel	Pluviométrica/ Fluviométrica
DGA	29	Rio Cauquenes en Desembocadura	Fluviométrica	DGA	62	Paniahue	Pluviométrica/ Temperatura
DGA	30	Rio Cauquenes en El Arrayan	Fluviométrica	DGA	63	Pencahue	Pluviométrica/ Temperatura
DGA	31	Rio Claro en Rauquén	Fluviométrica	DGA	64	Convento Viejo	Temperatura
DGA	32	Rio Claro en Talca	Fluviométrica	DGA	65	Curicó	Temperatura
DGA	33	Rio Loanco en Desembocadura	Fluviométrica				

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.3.2. Relleno de Datos

Para el relleno de información hidrometeorológica (en este caso precipitaciones, temperaturas y caudales mensuales), se utilizó un modelo de regresión lineal simple, según la expresión:

$$Y_1 = \alpha \cdot Y_2 + \beta$$

Donde:

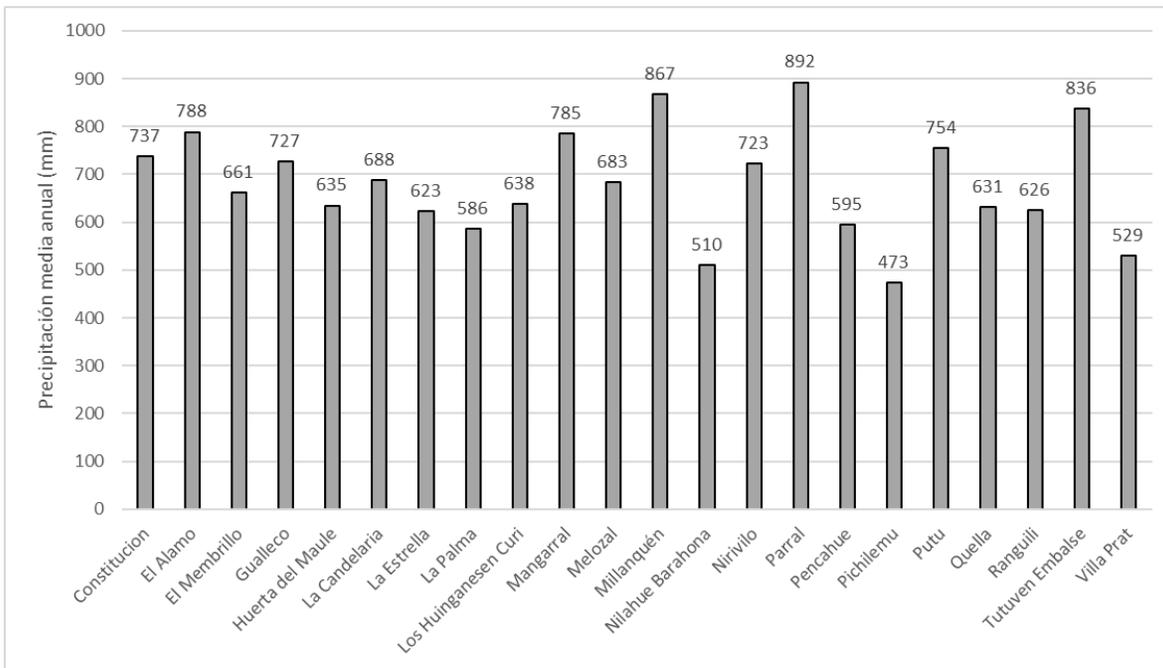
- Y1: La variable que se desea rellenar
- Y2: La variable que se utilizó para rellenar la estadística de Y1
- $\alpha$ : Pendiente de la regresión entre la variable Y1 e Y2
- $\beta$ : Coeficiente de intersección de la regresión entre la variable Y1 e Y2

Una vez obtenidas las series rellenadas, se preparó la información que alimenta a los métodos hidrológicos de las cuencas estudiadas (ver Acápite 3.1.5). Las series resultantes del relleno pueden verse en los Anexos 3-2, 3-3 y 3-4 (precipitaciones, temperaturas y caudales, respectivamente). A continuación, se resume el resultado de las variables mencionadas.

### 3.1.4. Análisis de Estadísticas Hidrometeorológicas

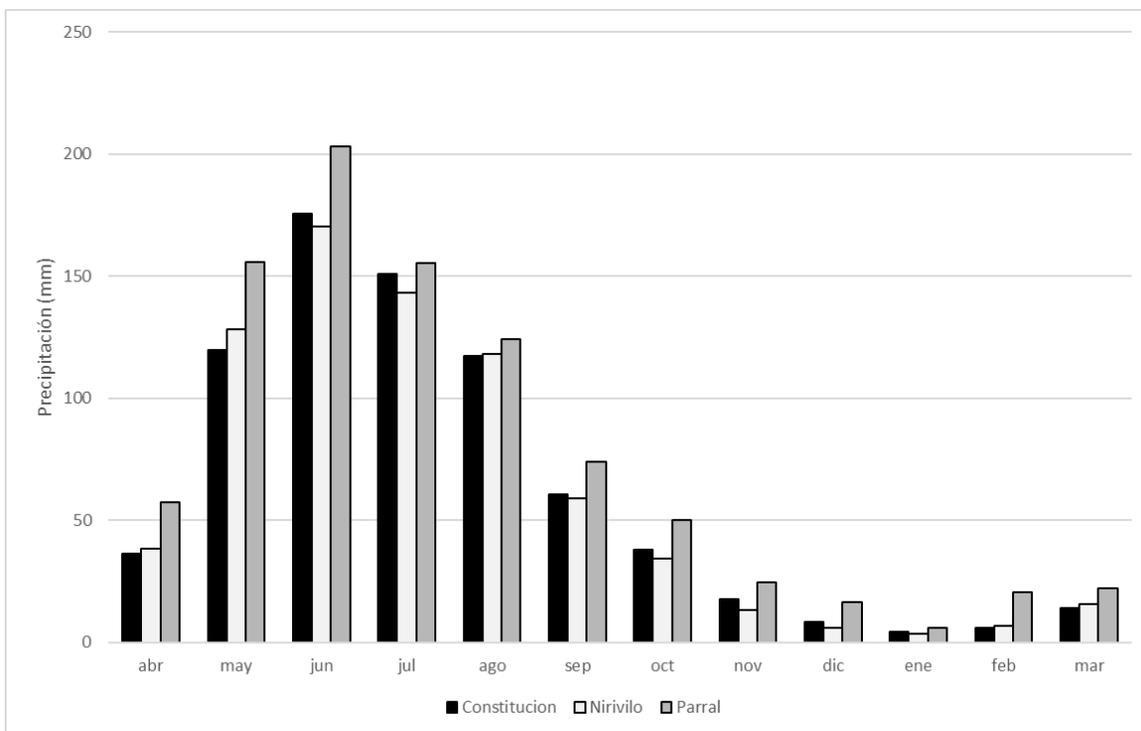
#### 3.1.4.1. Información Pluviométrica

Anteriormente se mostró en la Figura 3.1.3.1-1 la ubicación de las estaciones pluviométricas. Como se vio, fueron seleccionadas 22 de ellas. Todas las estaciones empleadas se usaron para generar las series pluviométricas y de temperatura para las 60 subcuencas identificadas. El método seguido para dicha generación se explica en el Acápite 3.1.5. El Gráfico 3.1.4.1-1 muestra las precipitaciones medias anuales de estas estaciones y el Gráfico 3.1.4.1-2 muestra las precipitaciones medias mensuales de 3 estaciones representativas de la zona costera, secano interior y valle central, las que corresponden a Constitución, Nirivilo y Parral respectivamente. Puede notarse la clara predominancia de las lluvias invernales, en todas las estaciones. Parral es a su vez aquella estación que registra mayor precipitación media anual con 892 mm.



**GRÁFICO 3.1.4.1-1**  
**PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES**

Fuente: Elaboración propia.

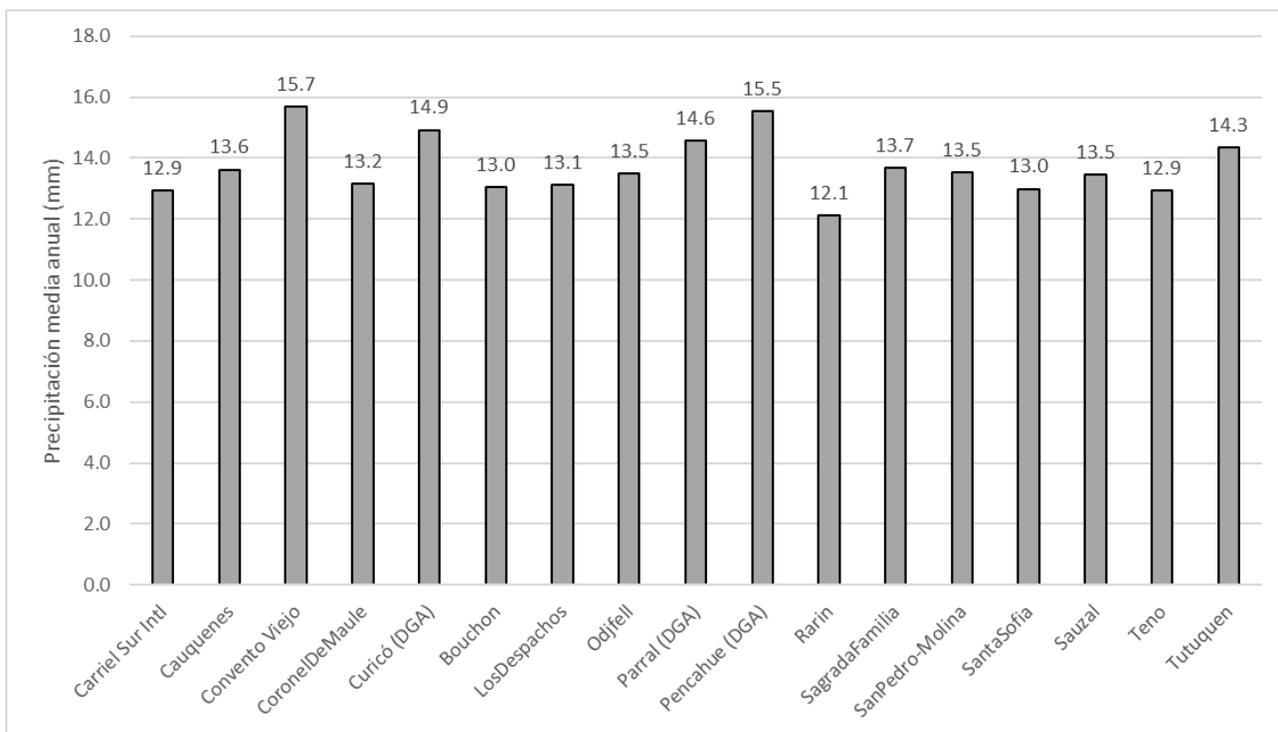


**GRÁFICO 3.1.4.1-2**  
**PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES**

Fuente: Elaboración propia.

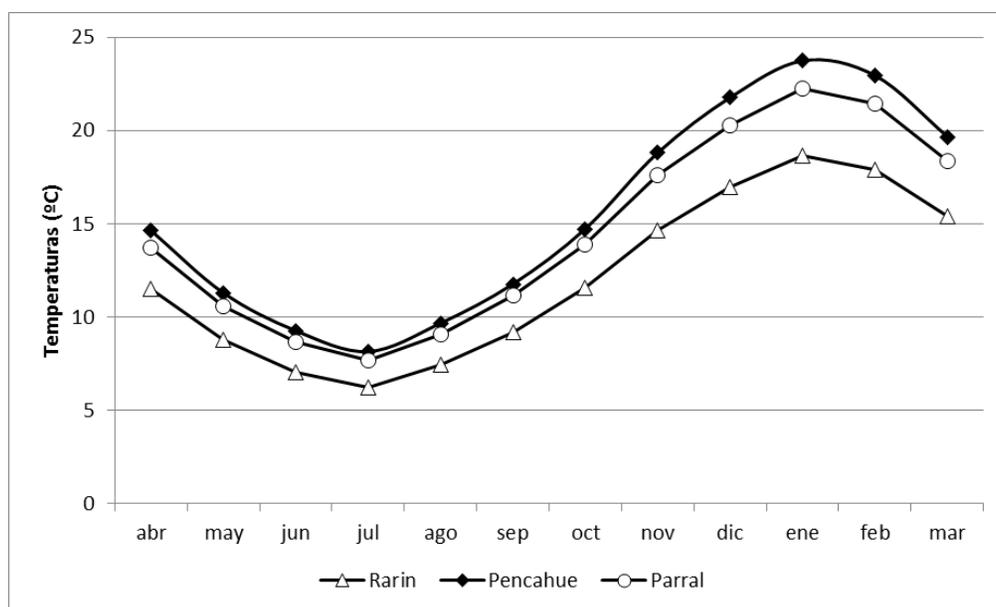
### 3.1.4.2. Información de Temperaturas

Anteriormente en la Figura 3.1.3.1-1 se presentó la ubicación de las estaciones pluviométricas de las cuales fueron seleccionadas 17. Todas las estaciones seleccionadas se usaron para generar las series de temperatura para las 60 subcuencas identificadas. El método seguido para dicha generación se explica en el Acápite 3.1.5. El Gráfico 3.1.4.2-1 muestra las precipitaciones medias anuales de estas estaciones y el Gráfico 3.1.4.2-2 muestra las precipitaciones medias mensuales de 3 estaciones representativas de la zona costera, secano interior y valle central, las que corresponden a Rarin, Péncahue (DGA) y Parral respectivamente. Pueden notarse las diferencias entre las zonas costeras e interiores, siendo las mayores temperaturas aquellas del secano interior (Péncahue). Para el secano interior, la temperatura anual fluctúa entre los 23 °C en enero y los 8 °C en julio.



**GRÁFICO 3.1.4.2-1**  
**TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES**

Fuente: Elaboración propia.



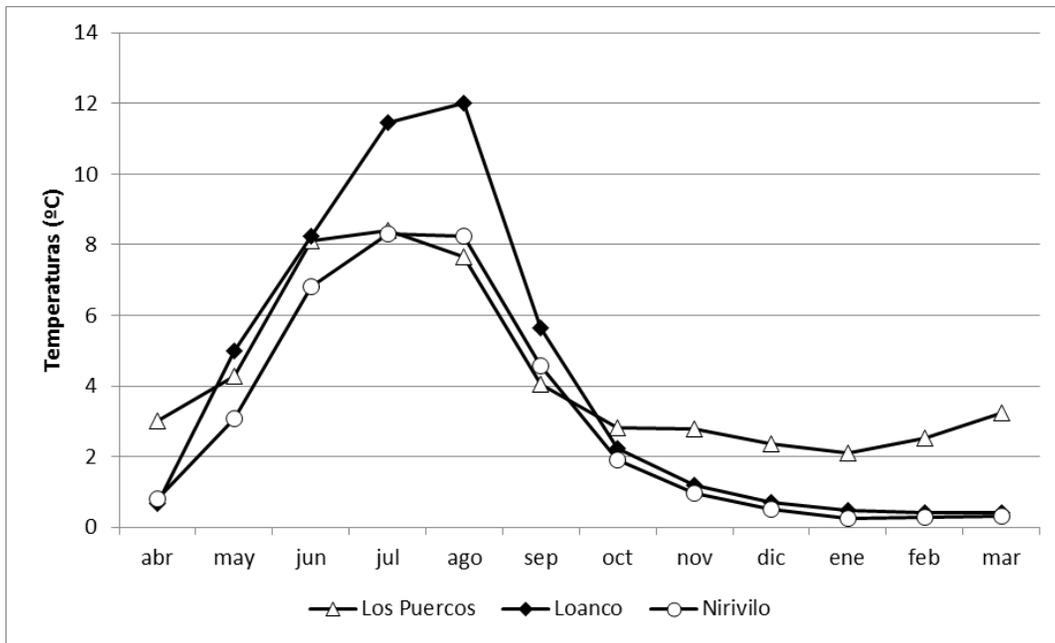
**GRÁFICO 3.1.4.2-2**  
**TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.4.3. Información Fluviométrica

Anteriormente se mostró en la Figura 3.1.3.1-1 la ubicación de las estaciones fluviométricas. Las estaciones “Estero Los Puercos en Puente Los Puercos”, “Río Purapel en Nirivilo” y “Río Loanco en Desembocadura”, controlan cuencas pluviales del secano costero, tanto de la vertiente pacífica como hacia el valle central, lo cual sirve como referencia para caracterizar la hidrología de los sitios de interés. Las estaciones fluviométricas restantes fueron usadas para el relleno de información.

La curva de caudales medios mensuales de las 3 estaciones antes mencionadas se muestra en el Gráfico 3.1.4.3-1. El caudal medio anual de las estaciones Los Puercos, Nirivilo y Loanco es de 4,2, 3,03 y 2,93 m<sup>3</sup>/s respectivamente y poseen un régimen marcadamente pluvial ya que el aporte de las lluvias invernales se traduce en caudales durante los mismos meses de invierno. Lo anterior se infiere a partir de la curva de caudales medios mensuales, la cual muestra sus mayores valores en los meses de julio a agosto alcanzando los 12 m<sup>3</sup>/s (Loanco).

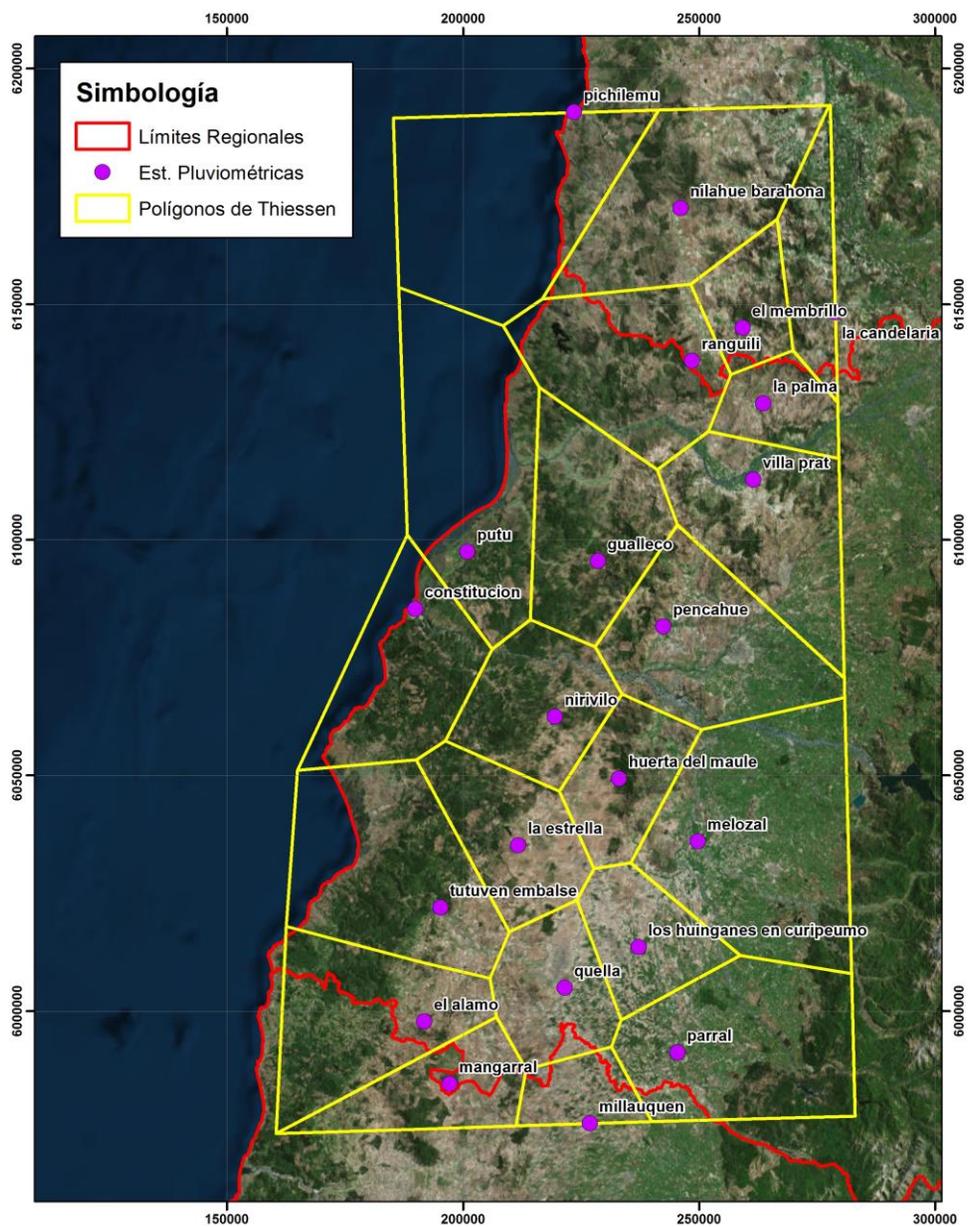


**GRÁFICO 3.1.4.3-1**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES**

Fuente: Elaboración propia.

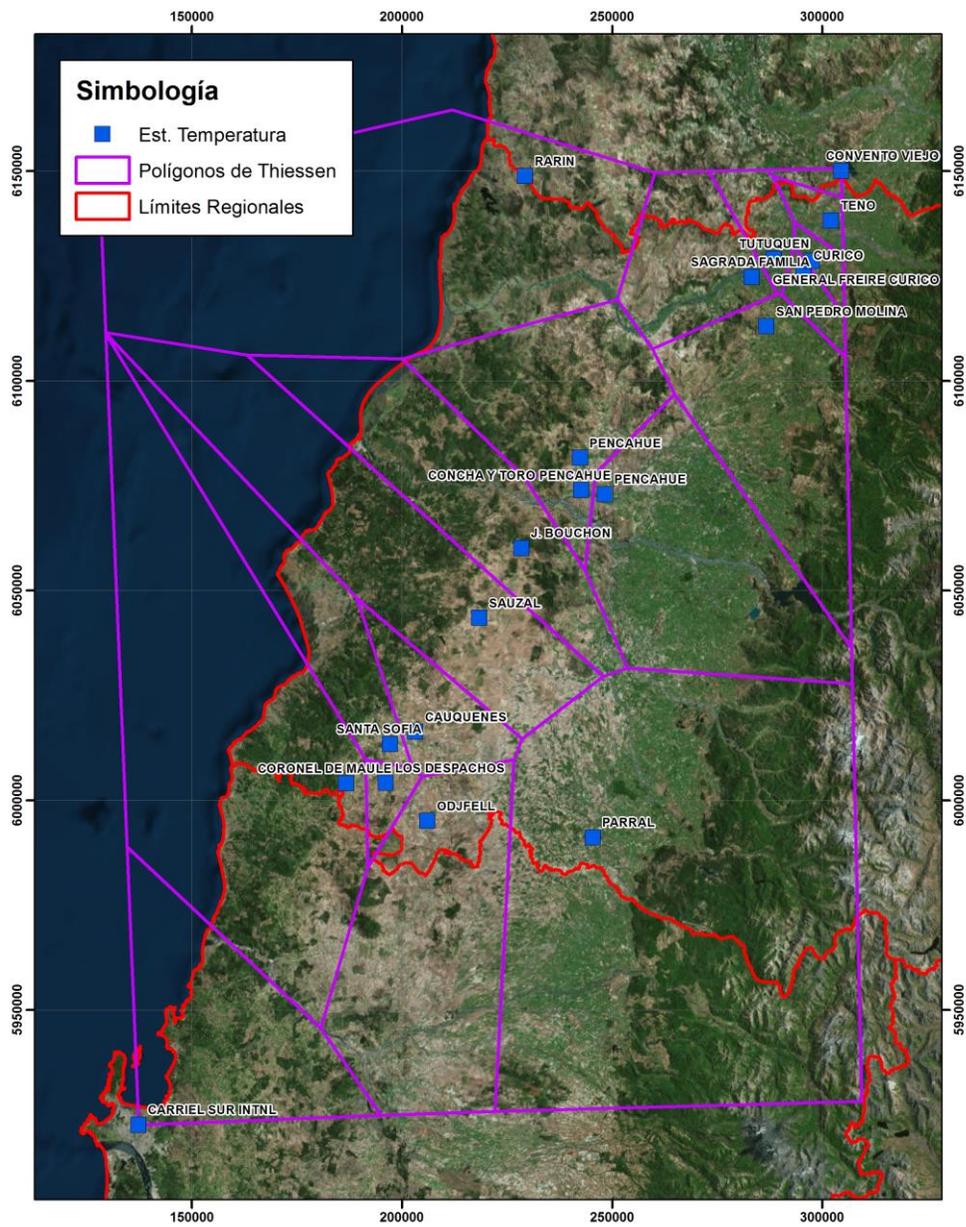
### 3.1.5. Generación de series de Precipitación y Temperatura mensual

Usando las estadísticas pluviométricas y de temperaturas procesadas y rellenadas, se calculó una serie para cada una de las subcuencas analizada. El método empleado para generar estas series fue el de Polígonos de Thiessen. La Figura 3.1.5-1 y Figura 3.1.5-2 muestran el trazado de los polígonos. Posteriormente se calcularon los coeficientes de cada polígono al interior de cada subcuenca y se estimó la precipitación media y temperatura media de cada subcuenca mes a mes. Las series resultantes pueden verse en el Anexo 3-5, junto con los shapes de los polígonos de Thiessen.



**FIGURA 3.1.5-1**  
**RED DE POLÍGONOS DE THIESSEN EMPLEADA PARA PRECIPITACIONES**

Fuente: Elaboración propia.



**FIGURA 3.1.5-2**  
**RED DE POLÍGONOS DE THIESSEN EMPLEADA PARA TEMPERATURAS**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.6. Estimación de la Escorrentía por Métodos Tradicionales

En forma tradicional, para determinar los recursos embalsables, se utilizan relaciones Precipitación-Escorrentía (P-E), tales como Grunsky, Peñuelas, Coutagne y Turc. Las relaciones utilizadas son las siguientes.

**Fórmula de Grunsky:** Propuesta en Estados Unidos, expresa que la escorrentía (Es), se puede estimar como:

$$Es = \begin{cases} 0,4 P^2 & P \leq 1,25 m \\ P - 0,625 & P > 1,25 m \end{cases}$$

Siendo P la precipitación media anual (m).

**Fórmula de Peñuelas:** Establecida para la zona central de Chile por el Ingeniero A. Quintana alrededor de 1930, y basándose fundamentalmente en mediciones hechas en el Lago Peñuelas (provincia de Valparaíso):

$$Es = \begin{cases} 0,5 P^2 & P \leq 1,0 m \\ P - 0,5 & P > 1,0 m \end{cases}$$

**Fórmula de Coutagne:** Esta fórmula, propuesta en Francia, establece que la escorrentía (Es) puede estimarse como:

$$Es = \begin{cases} 0 & P < \frac{1}{8\lambda} m \\ \lambda P^2 & \frac{1}{8\lambda} \leq P \leq \frac{1}{2\lambda} m \\ 0,2 + 0,35 T & \frac{1}{2\lambda} < P \end{cases}$$

en que:

$$\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14T}$$

Siendo T la temperatura media anual en (°C).

**Fórmula de Turc:** Obtenida a partir de observaciones efectuadas en 254 cuencas de climas y características diferentes en todo el planeta:

$$E_s = P - \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

para P en milímetros, con L (parámetro heliotérmico):

$$L = 300 + 25 T + 0,05 T^3 \text{ (T en } ^\circ\text{C y L en mm)}$$

De esta forma los valores obtenidos de escorrentía promedio, son los mostrados en el Cuadro 3.1.6-1 para cada sitio. El detalle se presenta en el Anexo 3-6. Se hace notar que el valor finalmente adoptado corresponde al entregado por la Fórmula de Peñuelas, ya que corresponde a una fórmula desarrollada para Chile.

**CUADRO 3.1.6-1  
RESULTADOS MODELACIÓN TRADICIONAL**

Sitio	Id Ficha	Peñuelas (m)	Grunsky (m)	Coutagne (m)	Turc (m)	Adoptada (m)
SD-01	JA-05	0,397	0,322	0,297	0,294	0,397
SD-02	JA-81	0,300	0,242	0,201	0,179	0,300
SD-03	JA-23	0,354	0,287	0,274	0,270	0,354
SD-04	JA-16	0,224	0,179	0,164	0,150	0,224
SD-05	JA-40	0,159	0,127	0,126	0,115	0,159
SD-06	JA-61	0,224	0,179	0,166	0,153	0,224
SD-07	JA-60	0,224	0,179	0,166	0,153	0,224
SD-08	SM-01	0,303	0,243	0,210	0,192	0,303
SD-09	JA-13	0,225	0,180	0,166	0,153	0,225
SD-10	JA-15	0,225	0,180	0,167	0,155	0,225
SD-11	SM-03	0,334	0,269	0,250	0,245	0,334
SD-12	JA-12	0,225	0,180	0,167	0,155	0,225
SD-13	JA-14	0,338	0,272	0,253	0,249	0,338
SD-14	JA-02	0,397	0,322	0,308	0,309	0,397
SD-15	JA-53	0,232	0,186	0,186	0,181	0,232
SD-16	JA-06	0,225	0,180	0,166	0,153	0,225
SD-17	SM-09	0,208	0,166	0,153	0,140	0,208
SD-18	JA-42	0,293	0,236	0,237	0,235	0,293
SD-19	SM-02	0,231	0,185	0,170	0,157	0,231
SD-20	JA-18	0,397	0,322	0,297	0,294	0,397
SD-21	CE-14	0,232	0,186	0,186	0,181	0,232
SD-22	JA-20	0,397	0,322	0,297	0,294	0,397
SD-23	JA-50	0,198	0,159	0,144	0,129	0,198
SD-24	JA-46	0,207	0,166	0,138	0,117	0,207
SD-25	JA-72	0,340	0,273	0,229	0,207	0,340
SD-26	JA-11	0,225	0,180	0,167	0,155	0,225
SD-27	JA-47	0,198	0,159	0,144	0,129	0,198
SD-28	SM-04	0,338	0,272	0,253	0,249	0,338

**CUADRO 3.1.6-1  
RESULTADOS MODELACIÓN TRADICIONAL**

Sitio	Id Ficha	Peñuelas (m)	Grunsky (m)	Coutagne (m)	Turc (m)	Adoptada (m)
SD-29	JA-07	0,224	0,179	0,166	0,153	0,224
SD-30	JA-73	0,229	0,184	0,171	0,158	0,229
SD-31	JA-59	0,228	0,182	0,182	0,177	0,228
SD-32	JA-17	0,225	0,180	0,168	0,155	0,225
SD-33	CE-15	0,198	0,159	0,144	0,129	0,198
SD-34	SM-06	0,230	0,184	0,170	0,157	0,230
SD-35	JA-76	0,181	0,145	0,114	0,096	0,181
SD-36	JA-22	0,397	0,322	0,297	0,294	0,397
SD-37	JA-08	0,361	0,292	0,279	0,276	0,361
SD-38	JA-51	0,226	0,181	0,164	0,151	0,226
SD-39	JA-79	0,300	0,242	0,201	0,179	0,300
SD-40	JA-21	0,397	0,322	0,308	0,309	0,397
SD-41	JA-03	0,397	0,322	0,308	0,309	0,397
SD-42	JA-75	0,209	0,168	0,153	0,139	0,209
SD-43	CE-09	0,178	0,143	0,112	0,094	0,178
SD-44	JA-01	0,397	0,322	0,308	0,309	0,397
SD-45	JA-33	0,232	0,186	0,186	0,181	0,232
SD-46	JA-48	0,198	0,159	0,144	0,129	0,198
SD-47	JA-28	0,397	0,322	0,308	0,309	0,397
SD-48	CE-08	0,178	0,143	0,112	0,094	0,178
SD-49	JA-04	0,397	0,322	0,308	0,309	0,397
SD-50	CE-05	0,307	0,248	0,206	0,184	0,307
SD-51	JA-49	0,198	0,159	0,144	0,129	0,198
SD-52	JA-70	0,336	0,270	0,272	0,274	0,336
SD-53	SM-08	0,213	0,171	0,157	0,144	0,213
SD-54	JA-32	0,241	0,195	0,177	0,165	0,241
SD-55	CE-02	0,307	0,248	0,206	0,184	0,307
SD-56	JA-10	0,354	0,287	0,274	0,270	0,354
SD-57	CE-06	0,217	0,173	0,173	0,167	0,217
SD-58	JA-64	0,228	0,182	0,167	0,157	0,228
SD-59	JA-19	0,397	0,322	0,297	0,294	0,397
SD-60	JA-52	0,232	0,186	0,186	0,181	0,232

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.7. Análisis de Frecuencia

Posteriormente se desarrolló un análisis de frecuencia para los resultados de las relaciones Precipitación-Escorrentía. El resultado se presenta como volumen disponible anualmente, incluyendo además el modelo probabilístico adoptado en cada caso. Los resultados para la modelación tradicional se incluyen en el Anexo 3-6. En el Cuadro 3.1.7-1 se presenta un resumen con los valores de 85 % de probabilidad de excedencia.

**CUADRO 3.1.7-1  
RESULTADOS 85% DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA**

Sitio	ID Ficha	Método Peñuelas	
		Volumen (m <sup>3</sup> )	Distribución
SD-01	JA-05	11.831,2	Log-Normal
SD-02	JA-81	37.386,3	Pearson
SD-03	JA-23	67.439,6	Pearson
SD-04	JA-16	82.185,2	Gumbel
SD-05	JA-40	217.206,8	Log-Normal
SD-06	JA-61	61.839,9	Gumbel
SD-07	JA-60	65.981,8	Gumbel
SD-08	SM-01	4.504,5	Log-Normal
SD-09	JA-13	122.704,0	Gumbel
SD-10	JA-15	12.023,7	Gumbel
SD-11	SM-03	18.967,6	Log-Normal
SD-12	JA-12	141.634,7	Gumbel
SD-13	JA-14	211.135,9	Log-Normal
SD-14	JA-02	13.093,5	Log-Normal
SD-15	JA-53	35.313,7	Gumbel
SD-16	JA-06	4.355,6	Gumbel
SD-17	SM-09	9.885,2	Log-Normal
SD-18	JA-42	176.682,7	Pearson
SD-19	SM-02	18.867,4	Gumbel
SD-20	JA-18	27.078,0	Log-Normal
SD-21	CE-14	164.051,4	Gumbel
SD-22	JA-20	179.991,9	Log-Normal
SD-23	JA-50	6.546,3	Log-Normal
SD-24	JA-46	2.341.266,7	Gumbel
SD-25	JA-72	53.171,1	Log-Normal
SD-26	JA-11	5.971,2	Gumbel
SD-27	JA-47	26.918,2	Log-Normal
SD-28	SM-04	7.523,6	Log-Normal
SD-29	JA-07	11.742,9	Gumbel
SD-30	JA-73	133.780.783,7	Gumbel
SD-31	JA-59	42.699,4	Log-Normal
SD-32	JA-17	335.758,8	Gumbel
SD-33	CE-15	9.697,5	Log-Normal
SD-34	SM-06	9.135.911,8	Gumbel
SD-35	JA-76	3.447,8	Log-Normal
SD-36	JA-22	314.515,6	Log-Normal
SD-37	JA-08	10.657.150,4	Gumbel
SD-38	JA-51	89.443,1	Gumbel
SD-39	JA-79	8.627,6	Pearson
SD-40	JA-21	34.948,9	Log-Normal
SD-41	JA-03	101.752,8	Log-Normal
SD-42	JA-75	665.775,9	Log-Normal
SD-43	CE-09	15.959,4	Log-Normal
SD-44	JA-01	97.198,6	Log-Normal

**CUADRO 3.1.7-1  
RESULTADOS 85% DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA**

Sitio	ID Ficha	Método Peñuelas	
		Volumen (m <sup>3</sup> )	Distribución
SD-45	JA-33	19.300,2	Gumbel
SD-46	JA-48	16.182,6	Log-Normal
SD-47	JA-28	18.835,8	Log-Normal
SD-48	CE-08	29.352,5	Log-Normal
SD-49	JA-04	476.117,2	Log-Normal
SD-50	CE-05	36.693,0	Gumbel
SD-51	JA-49	30.790,5	Log-Normal
SD-52	JA-70	1.507,4	Gumbel
SD-53	SM-08	93.992,8	Gumbel
SD-54	JA-32	6.644,1	Log-Normal
SD-55	CE-02	24.211,7	Gumbel
SD-56	JA-10	113.537,8	Pearson
SD-57	CE-06	4.526,5	Gumbel
SD-58	JA-64	3.907,0	Gumbel
SD-59	JA-19	7.648,2	Log-Normal
SD-60	JA-52	6.866,8	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 3.1.7-2 muestran que en diez sitios se requiere utilizar en subsidio recursos de tipo eventual.

**CUADRO 3.1.7-2  
ANÁLISIS DE NECESIDAD DE USO DE RECURSOS EVENTUALES  
(10% PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA)**

Sitio	Volumen Útil Sitio (m <sup>3</sup> )	Volumen 85% Probabilidad de Excedencia (m <sup>3</sup> )	Situación	Volumen 10% Probabilidad de Excedencia - Eventual (m <sup>3</sup> )	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%

**CUADRO 3.1.7-2**  
**ANÁLISIS DE NECESIDAD DE USO DE RECURSOS EVENTUALES**  
**(10% PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA)**

Sitio	Volumen Útil Sitio (m <sup>3</sup> )	Volumen 85% Probabilidad de Excedencia (m <sup>3</sup> )	Situación	Volumen 10% Probabilidad de Excedencia - Eventual (m <sup>3</sup> )	Porcentaje del Volumen 10% Probabilidad de Excedencia - Eventual
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%
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%

**CUADRO 3.1.7-2**  
**ANÁLISIS DE NECESIDAD DE USO DE RECURSOS EVENTUALES**  
**(10% PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA)**

Sitio	Volumen Útil Sitio (m <sup>3</sup> )	Volumen 85% Probabilidad de Excedencia (m <sup>3</sup> )	Situación	Volumen 10% Probabilidad de Excedencia - Eventual (m <sup>3</sup> )	Porcentaje del Volumen 10% Probabilidad de Excedencia - Eventual
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.

## 3.2. ESTUDIO DE CRECIDAS

### 3.2.1. Aspectos Generales

Para el cálculo del caudal máximo instantáneo (pluvial) afluente a las microcuencas pluviales, se trabajó con la Fórmula Racional clásica (en todas las cuencas de superficie inferior a los 20 km<sup>2</sup>), Fórmula Racional Modificada (en todas las cuencas de superficie superior a los 20 km<sup>2</sup>) y Método Verni-King original (en todas las cuencas, únicamente con fines comparativos). Cabe mencionar que los otros métodos propuestos por la DGA (1995), método DGA-AC y Verni King modificado, han sido descartados ya que el mismo manual no los recomienda para cuencas inferiores a 20 km<sup>2</sup>.

De acuerdo con el reglamento de la DGA, el diseño vertederos y obras de captación, se debe desarrollar para un caudal de T=100 años y se debe verificar para T=150 años.

### 3.2.2. Precipitación Máxima en 24 Horas

La precipitación máxima en 24 horas (Pmax24), de cada cuenca analizada, fue obtenida a partir de las Isoyetas de Precipitación Máxima Diaria (PmaxD) de T=10 años elaboradas por la DGA. A partir de estas isoyetas, se ha generado una grilla mediante interpolación, de modo tal de dejar una distribución continua de la variable PmaxD en el espacio. La Figura 3.2.2-1 muestra el resultado de este paso. Posteriormente, mediante la herramienta de estadística zonal en SIG, se obtiene la PmaxD media de cada cuenca (T=10).

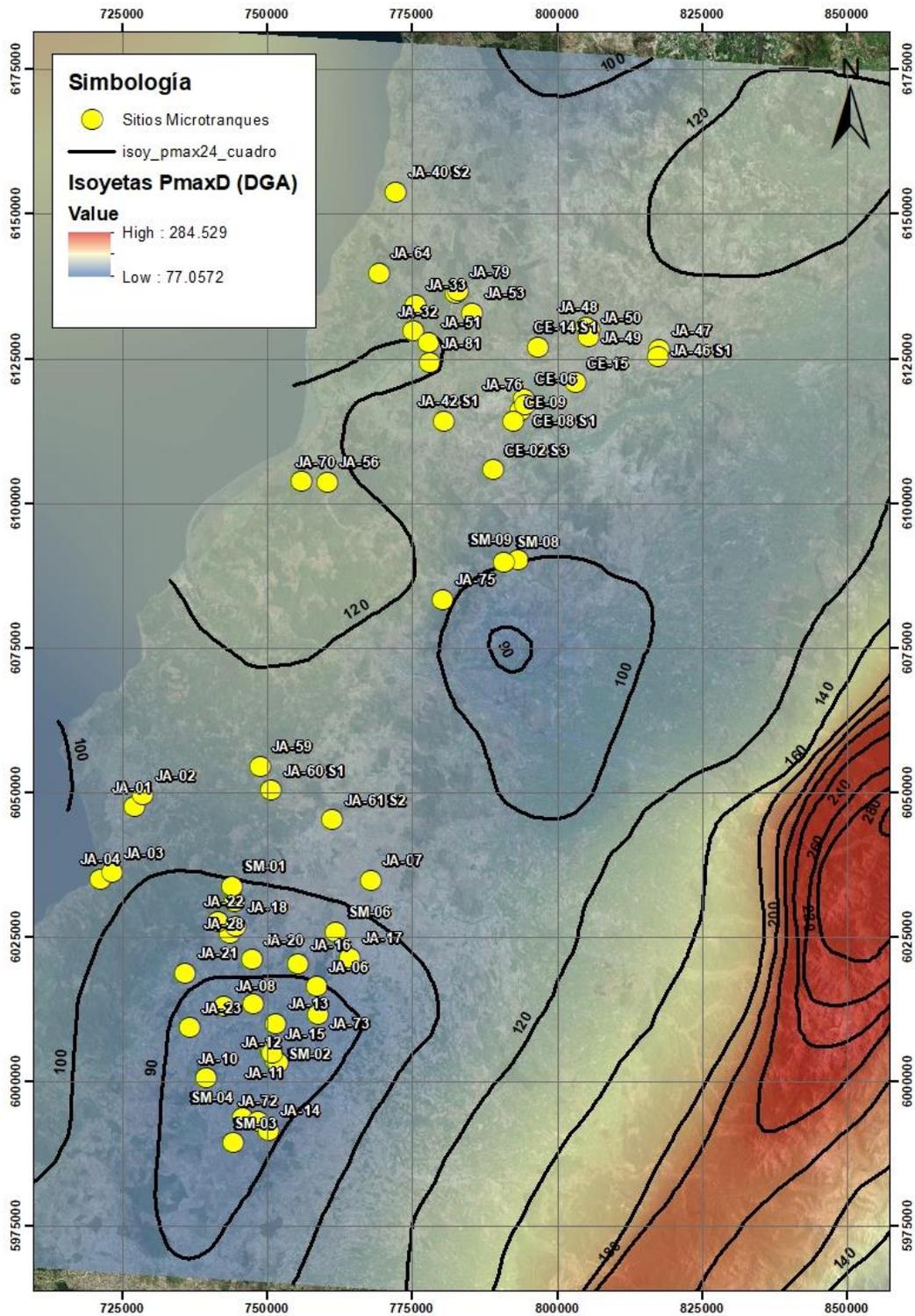
Dado que los datos de precipitación son obtenidos a partir de horas de observación fijas (por ejemplo, horas enteras, de 8 AM a 8 AM), no siempre permiten conocer las cantidades máximas verdaderas durante la duración deseada. Así, estudios efectuados a partir de millares de años-estación de datos de precipitación de lluvia indican que, multiplicando por 1,13 las cantidades máximas anuales de lluvia horarias o diarias de un único intervalo de observación fijo comprendido entre 1 y 24 horas,

se obtuvieron valores cercanos a los obtenidos mediante un análisis de máximos verdaderos (WMO, 2011)<sup>1</sup>.

Definida Pmax24 para T=10 en cada cuenca, se consideran los Coeficientes de Frecuencia de la Tabla 2.3 del Manual DGA (1995) para obtener Pmax24 en distintos periodos de retorno. Las zonas homogéneas empleadas son "Región del Maule, Estero Nilahue e Itata; ver detalle de cada sitio en el Anexo 3-7, hoja QMI, columna AD).

---

<sup>1</sup>Guía de Prácticas Hidrológicas, Volumen II, Gestión de Recursos Hídricos y Aplicación de Prácticas Hidrológicas. World Meteorological Organization, 2011. Pg II.5-18.



**FIGURA 3.2.2-1**  
**INTERPOLACIÓN ISOYETAS PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA DGA**

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA.

### 3.2.3. Cálculo de Caudales Máximos

#### 3.2.3.1. Método Racional Clásico

Este método fue empleado para todas las cuencas con una superficie menor a los 20 km<sup>2</sup>.

El caudal máximo asociado a la fórmula racional viene dado por:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6}$$

Donde:

- Q Caudal generado en la cuenca, en m<sup>3</sup>/s.
- C Coeficiente de escorrentía.
- I Intensidad media de la precipitación asociada a una duración  $t = T_c$ , en mm/h.
- A Área de la cuenca tributaria, en km<sup>2</sup>.
- T<sub>c</sub> Tiempo de concentración de la cuenca, en horas.

Para efectos del presente estudio, el coeficiente C de este método ha sido determinado siguiendo las recomendaciones del Manual de Carreteras (MC) (Tabla 3.702.503.B).

Para el cálculo del Tiempo de Concentración ( $t_c$ ), se emplearon 3 métodos, Giandotti, California y Norma Española (Dirección General de Carreteras de España).

El método Giandotti está dado por:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$$

Siempre que se cumpla la condición  $\frac{L}{3,6} < t_c < (\frac{L}{3,6} + 1,5)$

Donde:

- $t_c$  Tiempo de concentración en horas.
- A Área de la cuenca tributaria, en km<sup>2</sup>.
- L Largo del cauce principal, en km.
- H Diferencia de nivel entre la cota media de la cuenca y el punto de salida, (en m).

El método California está dado por:

$$t_c = \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

Donde:

- $t_c$  Tiempo de concentración, en horas.
- $L$  Largo del cauce principal, en km.
- $H$  Desnivel máximo de la cuenca, en m.

El método español está dado por:

$$t_c = 0,3\left(\frac{L}{J^{0,25}}\right)^{0,76}$$

Donde:

- $t_c$  Tiempo de concentración en horas.
- $L$  Largo del cauce principal en km
- $J$  Pendiente media del cauce principal en m/m

Siguiendo las recomendaciones de MC (Giandotti para cuencas pequeñas), se usó esta opción como método por defecto, y únicamente en aquellas cuencas en que no se cumpliera con la restricción del método, se seleccionó el mayor  $t_c$  obtenido por los otros dos métodos restantes. Como resultado, en 56 de las 60 cuencas prevaleció el método Giandotti.

Para estimar la intensidad de la precipitación asociada al  $t_c$ , se tomó como base la  $P_{max24}$  para los distintos  $T$ , y se utilizó la fórmula de Grunsky, la cual está dada por:

$$I_{t_c} = \frac{P_{max24}}{24} \sqrt{\frac{24}{t_c}}$$

Donde:

- $I_{Tc}$  Intensidad de precipitación de duración  $Tc$  en mm/hr
- $T_c$  Tiempo de concentración en hr
- $P_{max24}$  Precipitación máxima en 24 horas en mm

Los resultados de este cálculo pueden verse en el Anexo 3-7.

### 3.2.3.2. Método Racional Modificado por DGA (1995)

Este método se empleó únicamente para las cuencas que poseen una superficie mayor a los 20 km<sup>2</sup>, respectivamente.

Este método es equivalente al método clásico, con la diferencia de que el coeficiente C, se estima a través de factores tabulados en el Manual DGA-1995, según la zona en la que se encuentre, y la P<sub>max</sub> (y posteriormente la I<sub>max</sub>) asociada al t<sub>c</sub> (para distintos T), se obtiene usando los coeficientes de duración del Manual DGA 1995 (a diferencia de los otros 58 sitios, en los que se usó la fórmula de Grunsky).

Así, para estos sitios, a partir de la P<sub>max24</sub> para distintos T, se calcula la P<sub>max</sub> asociada al t<sub>c</sub> con los Coeficientes de Duración de la Tabla 2.2 del manual DGA 1995. En dicha tabla, se consideró como representativa para el presente estudio, la estación "San Fernando" (ver detalle de cada sitio en el Anexo 3-7, hoja QMI, columna AC).

Del mismo modo, el coeficiente de escorrentía C, se estimó multiplicando el coeficiente C(T=10) (Tabla 3.27 del Manual DGA 1995; VII Región) por el coeficiente adimensional C(T)/C(T=10) (Tabla 3.26 Manual DGA; VII Región). El detalle de cada sitio puede verse en el Anexo 3-6, hoja QMI, columna AZ a BN).

### 3.2.3.3. Método de Verni-King Original (1977)

Este método ha tenido gran aplicación en el país dada su simplicidad y debido a que fue deducida a partir de análisis de crecidas registradas en Chile. Sus autores, a partir de un análisis dimensional, proponen que el caudal máximo provocado por una tormenta está dado por:

$$Q = 0,00615 \cdot P_{24}^T 1,24 \cdot A^{0.88}$$

Donde:

Q	Caudal generado en la cuenca, en m <sup>3</sup> /s.
P <sub>24</sub> <sup>T</sup>	Pp. máx. en 24 horas de período de retorno T (mm)
A	Área de la cuenca tributaria, en km <sup>2</sup>

Los resultados de este método pueden revisarse en el Anexo 3-6.

### 3.2.4. Resultados

Las superficies de las distintas cuencas aportantes de cada sitio, presentadas en el Cuadro 3.2.4-1 en donde es posible observar que existen sitios que poseen 2 cuencas aportantes. Esto ocurre en aquellos sitios donde el punto de captación se encuentra alejado del punto donde estará ubicado el muro del tranque, y en los que el agua será trasladada vía conducción. En este contexto, se requiere conocer los caudales de crecida de los dos puntos (captación y acumulación) con el fin de dimensionar las obras asociadas. Es así, como en 8 de los 60 sitios, existen 2 cuencas aportantes que fueron analizadas.

**CUADRO 3.2.4-1  
SUPERFICIE DE LA CUENCA APORTANTE DE CADA SITIO (KM<sup>2</sup>)**

Id-Sitio	Captación y Tranque separados		Captación y Tranque juntos
	Captación	Muro tranque	
SD-01	-	-	0,069
SD-02	-	-	0,359
SD-03	-	-	0,458
SD-04	-	-	0,780
SD-05	-	-	4,164
SD-06	-	-	0,587
SD-07	-	-	0,626
SD-08	-	-	0,032
SD-09	-	-	1,254
SD-10	-	-	0,123
SD-11	-	-	0,111
SD-12	-	-	1,447
SD-13	-	-	1,235
SD-14	-	-	0,076
SD-15	-	-	0,436
SD-16	-	-	0,044
SD-17	-	-	0,128
SD-18	-	-	1,773
SD-19	-	-	0,210
SD-20	-	-	0,158
SD-21	-	-	2,027
SD-22	1,047	0,002	-
SD-23	-	-	0,095
SD-24	36,413	0,094	-
SD-25	-	-	0,311
SD-26	-	-	0,061
SD-27	-	-	0,391
SD-28	-	-	0,044
SD-29	-	-	0,111

**CUADRO 3.2.4-1  
SUPERFICIE DE LA CUENCA APORTANTE DE CADA SITIO (KM<sup>2</sup>)**

Id-Sitio	Captación y Tranque separados		Captación y Tranque juntos
	Captación	Muro tranque	
SD-30	1443,270	0,164	-
SD-31	-	-	0,412
SD-32	3,434	0,049	-
SD-33	-	-	0,141
SD-34	93,050	0,063	-
SD-35	-	-	0,073
SD-36	-	-	1,830
SD-37	64,224	0,028	-
SD-38	-	-	1,067
SD-39	-	-	0,083
SD-40	-	-	0,203
SD-41	-	-	0,592
SD-42	-	-	8,649
SD-43	-	-	0,336
SD-44	0,565	0,011	-
SD-45	-	-	0,238
SD-46	-	-	0,235
SD-47	-	-	0,110
SD-48	-	-	0,618
SD-49	2,770	0,003	-
SD-50	-	-	0,328
SD-51	-	-	0,448
SD-52	-	-	0,010
SD-53	-	-	1,303
SD-54	-	-	0,085
SD-55	-	-	0,216
SD-56	-	-	0,771
SD-57	-	-	0,060
SD-58	-	-	0,047
SD-59	-	-	0,044
SD-60	-	-	0,085

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, al aplicar la metodología descrita en los acápite anteriores, se obtuvieron los resultados de caudales máximos instantáneos mostrados en el Cuadro 3.2.4-2. Los caudales adoptados corresponden al Método Racional para todas las cuencas bajo 20 km<sup>2</sup> y Racional modificado para todas las cuencas sobre 20 km<sup>2</sup>. El método Verni y King se usó únicamente con fines comparativos. En el Anexo 3-7 se puede ver el detalle de todos los cálculos implicados en la obtención de los caudales

de crecida, mientras que en el Anexo 3-1 se pueden encontrar los shapes de las cuencas, con sus datos morfométricos asociados.

**CUADRO 3.2.4-2  
CAUDALES DE CRECIDA**

Sitio	Q (T=100) Máximo (m <sup>3</sup> /s)			Q (T=150) Máximo (m <sup>3</sup> /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 capt	2,652		3,933	2,912		4,253
SD-22 mur	0,014		0,015	0,016		0,016
SD-23	0,513		0,546	0,564		0,591
SD-24 capt		76,186	101,484		81,230	109,880
SD-24 mur	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 capt		1122,982	1930,714		1195,994	2087,563
SD-30 mur	0,491		0,810	0,539		0,876
SD-31	1,736		1,707	1,906		1,846
SD-32 capt	8,801		11,764	9,664		12,719

**CUADRO 3.2.4-2  
CAUDALES DE CRECIDA**

Sitio	Q (T=100) Máximo (m <sup>3</sup> /s)			Q (T=150) Máximo (m <sup>3</sup> /s) (*)		
	Racional	Racional Modificado	Verni King original	Racional	Racional Modificado	Verni King original
SD-32 mur	0,178		0,280	0,196		0,303
SD-33	0,917		0,751	1,007		0,812
SD-34 capt		115,651	181,763		123,170	196,530
SD-34 mur	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 capt		76,596	116,875		81,576	126,369
SD-37 mur	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 capt	1,748		2,262	1,920		2,445
SD-44 mur	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 capt	8,753		9,165	9,612		9,910
SD-49 mur	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.

## **CAPÍTULO 4**

# **CARACTERIZACIÓN AGROECONÓMICA DE PREDIOS**

## **4. CARACTERIZACIÓN AGROECONÓMICA DE PREDIOS**

### **4.1. ENCUESTA AGROPECUARIA**

#### **4.1.1. Aspectos Generales**

Con la finalidad de caracterizar la Situación Actual Agropecuaria de los sitios en estudio en términos legales, 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 microtrunque.

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.

Un componente de importancia dentro de esta herramienta, es 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 microtrunque, 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, pedregocidad, etc.), en varias sub muestras en profundidad.

#### **4.1.2. Aplicación de la Encuesta**

Se encuestó la totalidad de los predios contemplados en el estudio, por dos equipos de encuestadores capacitados para realizar esta encuesta, el muestreo con barrenos y la caracterización de suelos, cada uno con un Ingeniero Agrónomo a cargo.

El Cuadro 4.1.2-1 muestra el listado de los propietarios de los predios en estudio, asociando la comuna y localidad a la cual pertenecen, el nombre y la superficie total de cada predio.

**CUADRO 4.1.2-1  
PREDIOS ENCUESTADOS**

SITIO	NOMBRE DE PROPIETARIO	COMUNA	LOCALIDAD	NOMBRE PREDIO	SUP. TOTAL (Ha)
SD-01	Patricio Valdés Espinoza	Cauquenes	La Rioja	La Rioja	87,5
SD-02	Helio Vergara Vergara	Licantén	Licantén	SN	46,5
SD-03	María Patricia Venegas Lazo	Cauquenes	Llollehue	Corralita	13,8
SD-04	Guillermo Del Río	Cauquenes	-	San José	350,0
SD-05	Artemio Valenzuela Rojas	Vichuquén	El Zapallar	SN	95,0
SD-06	Nibaldo Morales	Empedrado	-	SN	57,0
SD-07	Dario Retamal	Empedrado	-	Peor es nada	22,0
SD-08	Flor Valenzuela Chavarría	Cauquenes	Santa Dolores	Santa Dolores	10,5
SD-09	Salvador Yañez	Cauquenes	Hualve	San Benito	34,4
SD-10	Rogelio Henríquez	Cauquenes	Pita del Rosario	Santa Filomena	150,0
SD-11	Alba Rojas	Cauquenes	Las Higueras	Santa Dorila	21,5
SD-12	Ana Luísa Véliz	Cauquenes	Santa Luisa	Santa Rosa	87,0
SD-13	Vicente Loyola	Cauquenes	Pocillas	San Pedro	25,0
SD-14	Sergio Cancino	Cauquenes	Chanco	El Boldo	10,1
SD-15	Manuel Silva Muñoz	Hualañé	-	SN	7,3
SD-16	Bernardo Peñailillo Avila	Cauquenes	San Agustín	Santa Bertina	45,0
SD-17	Idesida Figueroa Cancino	Pencahue	-	SN	58,0
SD-18	Lides Molina	Curepto	-	SN	14,0
SD-19	Sucesión Muñoz Alarcón	Cauquenes	Santa Luisa	San Pedro	150,0
SD-20	José Muñoz Valdés	Cauquenes	Hilochigua	San Juan	37,9
SD-21	Sucesión Reyes Gonzalez	Hualañé	El Bucho	Los Quiyalles	386,0
SD-22	Flavio Letelier Flores	Cauquenes	El aroma ( Las Garzas)	El Aroma	32,0
SD-23	Patricia Valdivia	Hualañé	Barba Rubia	SN	5,5
SD-24	Fernando Cortés Naranjo	Hualañé	Alto Caone	SN	29,5
SD-25	Luis Latorre Muñoz	Cauquenes	Pocillas	Santa Ana	9,5
SD-26	Silvia Alicia Molina Baungartner	Cauquenes	Chorrillos	San Francisco	45,0
SD-27	Luis Cortés	Hualañé	Alto Caone	SN	36,0
SD-28	Lucinda Pereira Muñoz	Cauquenes	La Discordia	SN	23,2
SD-29	Sucesión Iván Valdés	Cauquenes	Santo Toribio	Potrero Grande	202,0
SD-30	María Elena Aravena Aravena	Cauquenes	capillanía	Villa Paraíso	43,0
SD-31	Agrícola La Orilla Ltda.	Empedrado	La Orilla	La Orilla	13,5
SD-32	María Lara Torres	Cauquenes	Santo Toribio	Reuco	44,0
SD-33	Patricia González	Hualañé	Sector Parronal	SN	8,0
SD-34	Filemón Alejandro Arellano Campos	Cauquenes	Pte Los Arenas	Pc San Miguel	12,7
SD-35	Sucesión Herrera Retamal	Curepto	Limávida	La Loma Tropezón	12,0
SD-36	José Alarcón Durán	Cauquenes	Cabrería	Taguen	22,4
SD-37	Agrícola La Isla (Alfredo Parot)	Cauquenes	Taqueral	San Miguel	97,2
SD-38	Manuel Medina	Vichuquén	Los Junquillos	Alto Las Minas	6,0
SD-39	Román Venegas	Hualañé	-	SN	3,0
SD-40	Hilda Aravena Aravena	Cauquenes	Sta Filomena Porongo	San José	25,0
SD-41	José Zapata	Chanco	Polhuin	Las Lajas	18,0
SD-42	Gustavo Espíndola Ossa	Pencahue	San Pedro	SN	47,0
SD-43	Suc. Gilberto Ramírez	Curepto	Rincón de Limávida	El Llano	75,0
SD-44	José Lagos	Cauquenes	Chanco	Peuco	3,0
SD-45	Joaquín Apablaza	Vichuquén	-	SN	68,0
SD-46	Emilio Pulgar y Otros	Hualañé	Los Coipos	SN	69,0
SD-47	Moisés Gracia Rojas	Cauquenes	Hilo chigua(Las Máquinas)	Lote-4	8,5

**CUADRO 4.1.2-1  
PREDIOS ENCUESTADOS**

SITIO	NOMBRE DE PROPIETARIO	COMUNA	LOCALIDAD	NOMBRE PREDIO	SUP. TOTAL (Ha)
SD-48	Fernando Abarca Vergara	Curepto	Limávida	Resto Tonlimo	4,0
SD-49	Raúl Vera Peñailillo	Pelluhue	Mariscadero	Las Heras	37,7
SD-50	José H. Avendaño	Constitución	Macal	S/n Lote b	7,3
SD-51	Sucesión Eliana Correa y Otros	Hualañé	Los Coipos	SN	11,5
SD-52	Rafael Murgas	Constitución	Los Pangales	Los Pangales	6,7
SD-53	Rosa Isabelina Castro Valenzuela	Pencahue	Botalcura	Fundo Los Ángeles Lote 3	26,6
SD-54	Eliana Faúndez	Vichuquén	La Montaña	Los Laureles	18,0
SD-55	José Moisés Espinoza	Curepto	Población	Estancilla	55,0
SD-56	Vicente Aravena Sepúlveda	Cauquenes	Tequel	El Boldo	20,0
SD-57	María Martínez Daza	Curepto	Limávida	SN	5,3
SD-58	Santiago Guerrero	Vichuquén	Pauta	SN	3,0
SD-59	Ana Díaz Valenzuela	Cauquenes	Hilochegua	Santa Rosa	10,2
SD-60	Norma Venegas	Hualañé	-	SN	6,0

Fuente: Elaboración propia.

El control de calidad de las encuestas fue efectuado en terreno en las siguientes etapas:

- Realización de una marcha blanca con el fin de evaluar la calidad y pertinencia de las preguntas de la encuesta.
- Revisión y análisis de consistencia lógica y calidad de la información de la encuesta. Esto fue realizado en terreno por el encuestador y en gabinete por el jefe de terreno y su equipo.
- Verificación de encuestas dudosas mediante la re-aplicación de la encuesta en terreno. En esta campaña se realizó una re-aplicación.
- Revisión final de las encuestas.

La sistematización y las encuestas aplicadas se entregan en los Anexos 4-1 y 4-2, respectivamente.

#### 4.1.3. Resultados

A continuación se presentan los resultados más relevantes obtenidos de la sistematización de la encuesta simple, abarcando aspectos tales como la tenencia de la tierra y el agua, uso del suelo, ganadería y antecedentes técnicos presentes en cada predio. Además, es posible conocer las intenciones de cultivo de cada usuario, en la eventualidad de contar con un suministro hídrico mayor al actual.

### **a) Tenencia de la Tierra**

El tipo de tenencia de la tierra predominante es la “Propiedad” (ser dueño exclusivo de la tierra) con 55 de los 60 predios en esta condición. Los 5 predios restantes se encuentran en condición legal de sucesión.

### **b) Tipo de Superficie**

Se ha definido como “Tipo de Superficie” a los distintos usos que se pueden observar en cada predio. Estos se clasifican dependiendo de la fuente de abastecimiento para el riego o la condición de secano; construcción de tranques, caminos, bodegas y viviendas, correspondiente a la superficie indirectamente productiva; y la existencia de terreno sin uso agrícola, en este caso principalmente terrenos de secano o que por inexistencia de una fuente de agua de riego permanente no han sido explotados, pero que poseen aptitud agrícola para ser regados. Por último se contabiliza la superficie de terreno destinado a la actividad forestal y sectores con bosque nativo.

A partir de la información recopilada, se desprende que las superficies cultivadas, lo hacen principalmente bajo un régimen de secano, dada la escasa existencia de redes de riego que abastezcan los terrenos de forma permanente, salvo contados casos que disponen de agua de canal para regar o de vertientes propias. En cuanto a la superficie de riego, esta se caracteriza por ser mayoritariamente con recursos superficiales, no obstante, es solo el 1,7% de la superficie global total de los predios en estudio. Es destacable que la mayor parte de la superficie agrícola es de secano (22,8%), correspondiente a cultivos y praderas de secano, en especial estas últimas (19,2%), las que mayoritariamente corresponden a praderas naturales utilizadas en forma extensiva para pastoreo de ganado ovino y bovino. Se observa un importante rol forestal en el global de estos predios, asociado a la condición de secano, a la baja calidad y a las pendientes de los suelos de la Cordillera de la Costa, además de tratarse de una zona con gran presencia de predios y empresas forestales, transformándose en la principal actividad económica de esta zona.

Finalmente, se debe destacar el importante porcentaje de superficie que globalmente se declara como “sin uso potencialmente regable” (25,8%), la que sumada a la superficie actualmente cultivada bajo riego y a gran parte de la superficie cultivada en secano, se visualiza la dimensión de la superficie objetivo para el desarrollo de proyectos como los microtranques. En el Cuadro 4.1.3-1 se presenta la información recopilada de la encuesta en función del tipo de superficie.

**CUADRO 4.1.3-1  
TIPO DE SUPERFICIE AGRÍCOLA  
RESULTADOS ENCUESTA**

ITEM		Sup. (ha)	%
Riego	Agua Superficial	49,1	1,7%
	Agua Subterránea	32,8	1,1%
Secano	Cultivos	104,6	3,6%
	Praderas	553,4	19,2%
Forestada		625,5	21,7%
Indirectamente Productiva		19,3	0,7%
Sin Uso Potencialmente Regable		742,4	25,8%
Sin Uso Cultivable Solo en Secano		562,0	19,5%
Improductiva		154,1	5,4%
Total		2.877,6	100,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de Encuesta Simple.

### c) Superficie Cultivada

La actividad agrícola se expresa principalmente en cultivos desarrollados bajo un régimen de secano, siendo escasa la superficie de terreno que se encuentra actualmente bajo riego. Fundamentalmente, la superficie de secano corresponde a praderas naturales usadas para ganadería extensiva, ocupando suelos de todo tipo, desde suelos con aptitud agrícola de riego, dando utilidad a suelos sin potencial de cultivo bajo riego. Secundariamente, la superficie en secano se compone de praderas artificiales de diversas especies, siendo las más comunes, asociaciones de trébol con ballica o avena, y por otro lado las antiguas y tradicionales viñas de secano (uva País), orientadas a la producción de vino.

La superficie asociada a agricultura de riego se asocia principalmente a la producción de frutales y viña vinera, y a la producción de maíz, hortalizas y leguminosas de grano, tanto para el autoconsumo como para la comercialización local.

### d) Ganadería

El principal rubro ganadero es el ovino, seguido más lejos por el bovino, con una orientación principal a la producción de unidades para el consumo de carne y secundariamente para producción de leche y quesos.

En general son alimentados principalmente en praderas naturales y en praderas artificiales de avena y trébol ballica.

### e) Tenencia, Acumulación y Distribución del Agua

Dentro de los predios en estudio, son escasos los que cuentan con derechos superficiales regularizados provenientes de canales. Mayoritariamente el agua disponible en ellos proviene de

vertientes y pozos que no siempre son intraprediales. Varios riegan con aguas cedidas por vecinos. Son escasos los predios que tienen sus pozos o vertientes inscritas y/o regularizadas (Cuadro 4.1.3-2).

Por otra parte, 21 de los 60 predios (35%), poseen tranques de acumulación para riego y para dar bebida al ganado. Según lo observado, los hay de diversa capacidad (desde 7 a 4.400 m<sup>3</sup>) y reciben las aguas provenientes de vertientes o de pequeñas quebradas por las que circulan aguas lluvias en invierno.

**CUADRO 4.1.3-2  
POSESIÓN DE DERECHOS DE AGUAS  
RESULTADOS ENCUESTA**

Fuente	Posesión de DAA	
	N°	%
Subterránea	5	8,3
Superficial	2	3,3
Vertiente	3	5,0
No Posee DAA	50	83,3

Fuente: Elaboración propia a partir de Encuesta Simple.

#### f) Otros antecedentes

Se abordó la consulta de antecedentes relacionados con:

- Tipo de asesoría o de asistencia técnica recibida
- Beneficios recibidos por el Estado
- Usuario o no usuario de INDAP

El resultado de la encuesta refleja una mayoritaria asistencia proveniente de INDAP PRODESAL en el universo de agricultores. Solo 2 predios reciben asesoría particular, lo que es reflejo del tipo de agricultura que mayoritariamente caracteriza a los predios y que es el de pequeña agricultura campesina. De este modo la mayor parte de los agricultores manifestaron haber recibido asistencia económica y material para financiar ítems de cortos asociados a cercos, riego tecnificado, galpones, maquinaria, semilla, etc., además de asistencia técnica y veterinaria (Cuadro 4.1.3-3).

**CUADRO 4.1.3-3  
ANTECEDENTES TÉCNICOS Y PRODUCTIVOS RESULTADOS ENCUESTA**

Pregunta	Si		No	
	N°	%	N°	%
¿Es Usuario INDAP?	52	91,2	5	8,8
¿Recibe Asesoría Técnica?	55	91,7	5	8,3
¿Ha postulado a Proyectos con Fondos Públicos?	54	90,0	6	10,0

Fuente: Elaboración propia a partir de Encuesta Simple

#### g) Conocimiento de métodos de riego

Al ser consultados los agricultores respecto de su conocimiento general en cuanto a métodos de riego, los resultados muestran que los más conocidos son los métodos por surcos, por goteo y cintas,

por tendido y por aspersión. Secundariamente se encuentra el resto de los métodos consultados, siendo los menos conocidos la distribución Californiana y el Avance frontal (Cuadro 4.1.3-4).

**CUADRO 4.1.3-4**  
**CONOCIMIENTO RESPECTO DE MÉTODOS DE RIEGO**  
**RESULTADOS ENCUESTA**

Método	Grado de Conocimiento	
	N°	%
Tendido	47	78,3
Surcos	59	98,3
Tazas	14	23,3
Californiano	5	8,3
Avance Frontal	3	5,0
Pretilos	18	30,0
Pivote Central	13	21,7
Microaspersión	22	36,7
Aspersión	47	78,3
Cintas	49	81,7
Goteo	58	96,7
Ninguno	0	0,0

Fuente: Elaboración propia a partir de Encuesta Simple

#### **h) Uso de suelo, riego futuro, e intenciones de cultivo Con Proyecto**

Al ser consultados respecto del desarrollo agrícola asociado a la eventual construcción de una obra de acumulación intrapredial de agua para riego, la gran mayoría de los agricultores y propietarios manifiesta que podrá desarrollar un proyecto agrícola, o crecer con el actual, al contar con un tranque acumulador de aguas lluvia principalmente, o de aguas lluvia más agua de vertiente. Solo un agricultor manifestó que le interesa un tranque de acumulación de agua de vertiente.

Se consultó también sobre sus intenciones de cultivos futuros, donde si bien, los agricultores no tienen claridad absoluta sobre la superficie que podrían explotar, manifiestan variadas alternativas para utilizar una eventual fuente de agua. En general, las preferencias son muy variadas, pero se inclinan por la implementación de frutales (nogales, cerezos, arándanos) y viñas. Secundariamente, se inclinan por la producción de maíz, hortalizas, leguminosas y praderas artificiales. Asociado a esto se consultó también con qué método de riego se proyectan regando cada cultivo.

Se consultó a su vez por la cantidad de superficie que cada agricultor consideró a priori factible de cultivar en superficie de cada especie, en función de su disponibilidad de terreno apto para riego, de su capacidad productiva y de comercialización, y del volumen de agua que potencialmente se podría acumular en su tranque proyectado.

De esta forma, tras sistematizar la información, se obtiene la matriz presentada en el Cuadro 4.1.3-5, donde se muestran las preferencias de cada agricultor en cantidad de superficie, clasificando ésta según el método de riego con el que manifestaron preferencia para desarrollar su futuro proyecto

agrícola. Lo anterior, independientemente que la presente consultoría recomiende cambios por criterios técnicos y de adaptabilidad climática, analizados en los siguientes acápite.

**CUADRO 4.1.3-5  
PRETENCIÓN DE USO FUTURO DEL SUELO POR MÉTODO DE RIEGO**

Sitio	ID	Cultivo	Objetivo de Superficie Regada (ha)					Total
			Tendido	Surcos	Aspersión	Cintas	Goteo	
SD-01	JA-05	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>30,0</b>	<b>30,0</b>
SD-02	JA-81	Olivo	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>
SD-03	JA-23	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Olivo	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Hortaliza	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>
SD-04	JA-16	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	7,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>
SD-05	JA-40	Alfalfa	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	10,0
		Olivo	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
		Limón	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0</b>	<b>0,0</b>	<b>15,0</b>	<b>25,0</b>
SD-06	JA-61	Sandía	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Hortaliza	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>
SD-07	JA-60	Cerezo	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	6,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>
SD-08	SM-01	Sandía	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	3,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>
SD-09	JA-13	Limón	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Almendro	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
SD-10	JA-15	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		Hortaliza	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>
SD-11	SM-03	Frambuesa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		Palto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>
SD-12	JA-12	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	13,0
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0
		Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>20,0</b>	<b>20,0</b>
SD-13	JA-14	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
SD-14	JA-02	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0
		Palto	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0
		Alfalfa	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>10,0</b>

**CUADRO 4.1.3-5  
PRETENCÓN DE USO FUTURO DEL SUELO POR MÉTODO DE RIEGO**

Sitio	ID	Cultivo	Objetivo de Superficie Regada (ha)					Total
			Tendido	Surcos	Aspersión	Cintas	Goteo	
SD-15	JA-53	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>
SD-16	JA-06	Cerezo	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		Alfalfa	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>
SD-17	SM-09	Maíz	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	10,0
		Alfalfa	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	10,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>20,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>20,0</b>
SD-18	JA-42	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0
		Alfalfa	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>	<b>6,0</b>
SD-19	SM-02	Alfalfa	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	3,0
		Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>
SD-20	JA-18	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Almendra	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		Alfalfa	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>10,0</b>
SD-21	CE-14	Huerto Frutal	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	6,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>
SD-22	JA-20	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	12,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>12,0</b>	<b>12,0</b>
SD-23	JA-50	Hortaliza	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0
		Viña	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
		<b>Total</b>	<b>2,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,5</b>
SD-24	JA-46	Maíz	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	10,0
		Hortaliza	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	5,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>15,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>15,0</b>
SD-25	JA-72	Cerezo	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
		Frutilla	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3
		Hortaliza	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3
		Maíz	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>
SD-26	JA-11	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	7,0
		Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>
SD-27	JA-47	Olivo	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>
SD-28	SM-04	Maíz	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
		Huerto Frutal	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>
SD-29	JA-07	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>

**CUADRO 4.1.3-5  
PRETENCÓN DE USO FUTURO DEL SUELO POR MÉTODO DE RIEGO**

Sitio	ID	Cultivo	Objetivo de Superficie Regada (ha)					Total
			Tendido	Surcos	Aspersión	Cintas	Goteo	
SD-30	JA-73	Maíz	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
		Alfalfa	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>4,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>
SD-31	JA-59	Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	13,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>13,5</b>	<b>13,5</b>
SD-32	JA-17	Alfalfa	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
		Maíz	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5
		Hortaliza	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5
		<b>Total</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>
SD-33	CE-15	Alfalfa	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	8,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>
SD-34	SM-06	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	8,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>
SD-35	JA-76	Limón	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Almendro	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>
SD-36	JA-22	Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0
		Cerezo	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>
SD-37	JA-08	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	40,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>40,0</b>	<b>40,0</b>
SD-38	JA-51	Hortaliza	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	3,0
		Alfalfa	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	3,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,0</b>
SD-39	JA-79	Hortaliza	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5
		Poroto	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>
SD-40	JA-21	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>
SD-41	JA-03	Hortaliza	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5
		Alfalfa	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
		Poroto	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>
SD-42	JA-75	Cerezo	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	15,0
		Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
		Olivo	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>35,0</b>	<b>35,0</b>
SD-43	CE-09	Huerto Frutal	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
SD-44	JA-01	Poroto	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
		Maíz	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
		Hortaliza	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
		Alfalfa	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>

**CUADRO 4.1.3-5  
PRETENCÓN DE USO FUTURO DEL SUELO POR MÉTODO DE RIEGO**

Sitio	ID	Cultivo	Objetivo de Superficie Regada (ha)					Total
			Tendido	Surcos	Aspersión	Cintas	Goteo	
SD-45	JA-33	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Almendo	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Olivo	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>
SD-46	JA-48	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	8,0
		Hortaliza	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>10,0</b>
SD-47	JA-28	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>
SD-48	CE-08	Poroto	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	3,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
SD-49	JA-04	Hortaliza	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
		Frutilla	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		Poroto	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
		Maíz	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	1,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>6,0</b>
SD-50	JA-56	Hortaliza	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	7,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>7,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>7,0</b>
SD-51	JA-49	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		Alfalfa	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	3,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,5</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>11,5</b>
SD-52	JA-70	Hortaliza	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	4,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>
SD-53	SM-08	Sandía	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		Maíz	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0
		Alfalfa	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>7,0</b>
SD-54	JA-32	Alfalfa	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0
		Hortaliza	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		Frutilla	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>
SD-55	CE-02	Maíz	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
		Alfalfa	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0
		Sandía	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>
SD-56	JA-10	Hortaliza	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0
		Cerezo	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>4,0</b>
SD-57	CE-06	Alfalfa	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	5,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>5,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>5,0</b>
SD-58	JA-64	Limón	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		Almendo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>

**CUADRO 4.1.3-5  
PRETENCION DE USO FUTURO DEL SUELO POR MÉTODO DE RIEGO**

Sitio	ID	Cultivo	Objetivo de Superficie Regada (ha)					Total
			Tendido	Surcos	Aspersión	Cintas	Goteo	
SD-59	JA-19	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
SD-60	JA-52	Huerto Frutal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de Encuesta Simple.

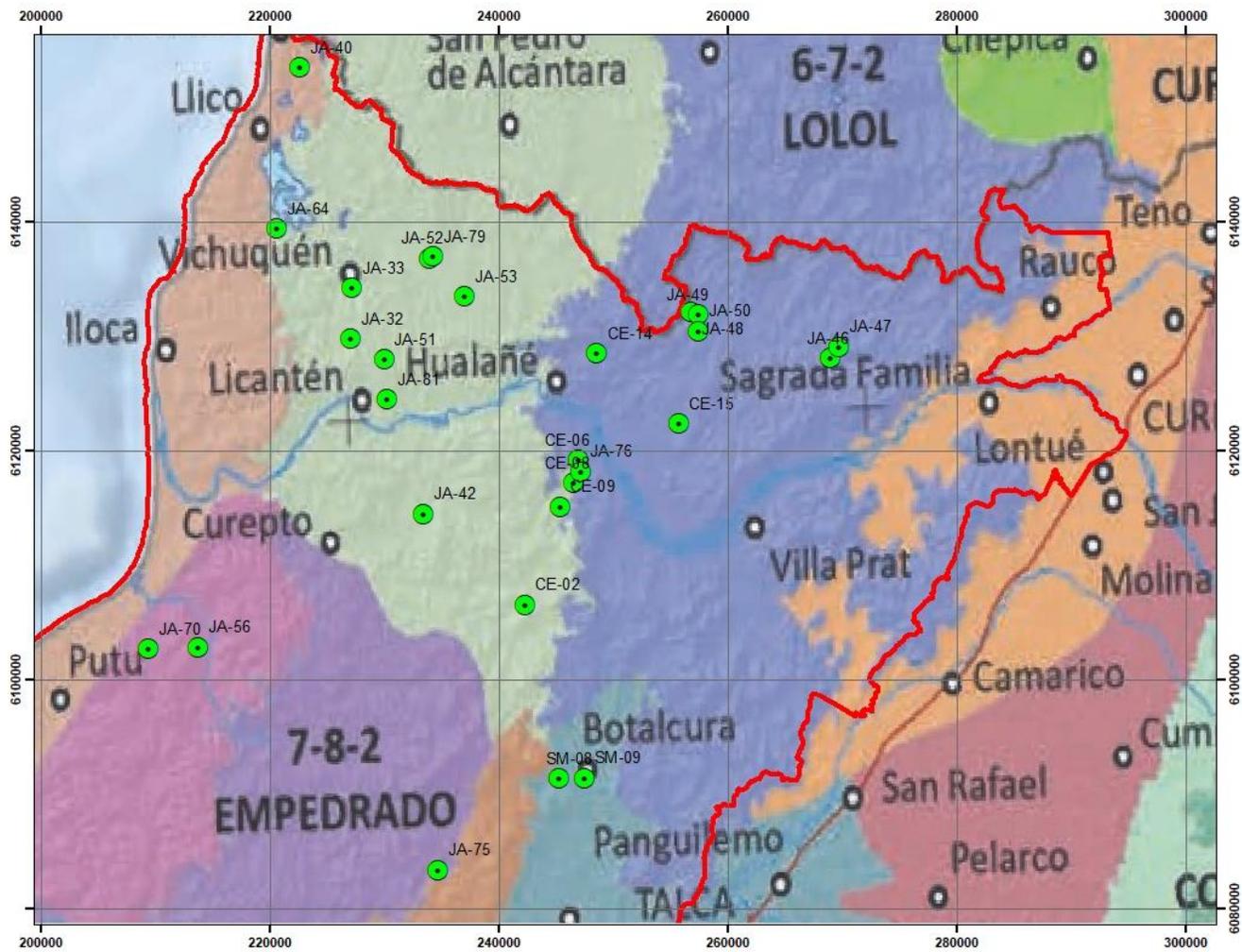
## 4.2. CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LOS PREDIOS

### 4.2.1. Distritos Agroclimáticos Presentes

El presente estudio consideró el desarrollo de una caracterización agroclimática general de los predios en función de los parámetros climáticos medidos y presentados por la más actualizada fuente a la fecha del presente estudio, el Atlas Agroclimático de Chile, Estado Actual y Tendencias del Clima, de Universidad de Chile y FIA (2017).

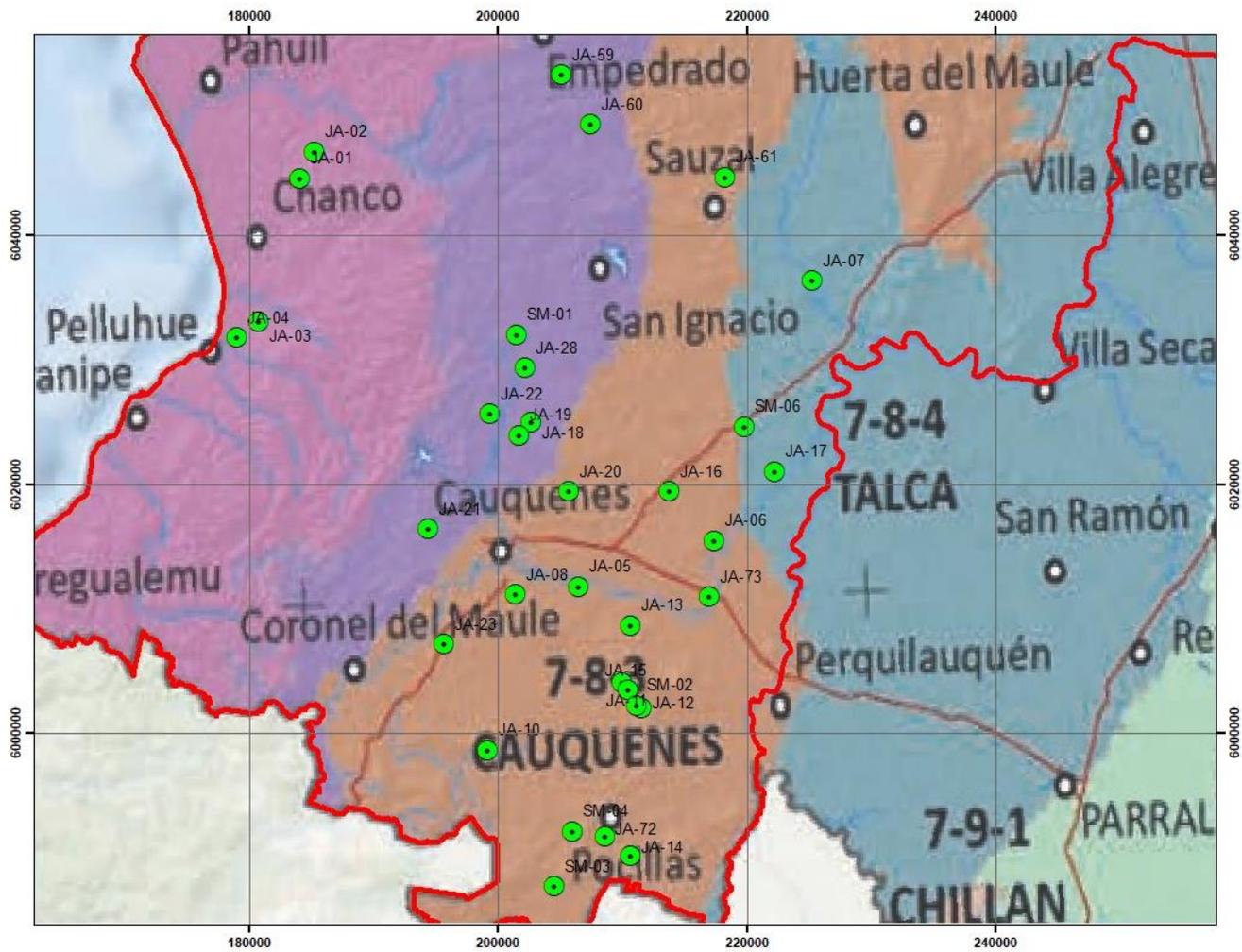
El objetivo principal de desarrollar esta caracterización es, al contar con información agroclimática específica y con información de adaptabilidad climática de especies agrícolas, poder generar una serie de recomendaciones agronómicas pertinentes a una Situación Con Proyecto, asociadas al tipo de cultivos con potencial agrícola y comercial factibles de desarrollar en el contexto de agricultura regada según las características de cada distrito. A la vez, al disponer de información asociada a la demanda evapotranspirativa mensual y anual, permite el cálculo de tasas de riego por superficie según el cultivo que se vaya a implementar, parámetro a utilizar luego en el diseño y cubicación de los tranques a proyectar en una superficie de riego determinada. De esta forma, se incorporó a la Carpeta Técnica y Ficha de Caracterización de cada proyecto de acumulación, la información agroclimática asociada a su distrito y el procedimiento de cálculo a de la demanda hídrica asociada. La Ficha de Caracterización de cada sitio se presenta en el Anexo 4-3.

La citada fuente, en la zona, considera la distribución de Distritos Agroclimáticos presentada gráficamente en las Figura 4.2.1-1 y Figura 4.2.1-2. Se observa la influencia, según esta fuente, de 7 Distritos en la zona donde se insertan los predios en estudio, incluyendo a su vez esta figura, los puntos de ubicación georeferenciada de cada uno de los 60 predios en estudio.



**FIGURA 4.2.1-1**  
**DISTRIBUCION Y ÁREA DE INFLUENCIA DE DISTRITOS AGROCLIMATICOS**

Fuente: Elaboración Propia.



**FIGURA 4.2.1-2**  
**DISTRIBUCION Y ÁREA DE INFLUENCIA DE DISTRITOS AGROCLIMATICOS**

Fuente: Elaboración propia a partir de Universidad de Chile y FIA, 2017.

Se presentan en el Cuadro 4.2.1-1, las coordenadas de ubicación geográfica de cada uno de los 60 predios en estudio identificados por su sigla ID, asociando a esta información, el distrito agroclimático al cual pertenecen, según la mencionada fuente. Se observa que los distritos de mayor influencia son los de Cauquenes y Curepto, con 19 y 14 predios inciertos bajo su influencia respectivamente.

**CUADRO 4.2.1-1**  
**COORDENADAS DE UBICACIÓN Y DISTRITO AGROCLIMÁTICO DE PREDIOS**

Sitio	ID Predial	Comuna	UTM Este	UTM Norte	Distrito Agroclimático
SD-55	CE-02	CUREPTO	242.28	6.106.621	<b>6-7-1: CUREPTO</b>
SD-57	CE-06	CUREPTO	246.91	6.119.268	
SD-48	CE-08	CUREPTO	246.482	6.117.259	
SD-43	CE-09	CUREPTO	245.349	6.115.196	
SD-54	JA-32	VICHUQUÉN	227.031	6.129.898	
SD-45	JA-33	VICHUQUÉN	227.166	6.134.302	
SD-18	JA-42	CUREPTO	233.408	6.114.572	
SD-38	JA-51	LICANTÉN	229.961	6.128.100	
SD-60	JA-52	HUALAÑÉ	233.959	6.136.918	
SD-15	JA-53	HUALAÑÉ	236.992	6.133.565	
SD-58	JA-64	VICHUQUÉN	769.169	6.139.839	
SD-35	JA-76	CUREPTO	247.11	6.118.278	
SD-39	JA-79	HUALAÑÉ	234.271	6.137.104	
SD-02	JA-81	LICANTÉN	230.262	6.124.560	
SD-21	CE-14	HUALAÑÉ	248.577	6.128.604	<b>6-7-2: LOLOL</b>
SD-33	CE-15	HUALAÑÉ	255.705	6.122.479	
SD-24	JA-46	HUALAÑÉ	268.947	6.128.201	
SD-27	JA-47	HUALAÑÉ	269.683	6.129.163	
SD-46	JA-48	HUALAÑÉ	256.826	6.132.270	
SD-51	JA-49	HUALAÑÉ	257.42	6.132.002	
SD-23	JA-50	HUALAÑÉ	257.401	6.130.577	
SD-44	JA-01	CHANCO	727.073	6.047.376	<b>7-8-1: CONSTITUCIÓN</b>
SD-14	JA-02	CHANCO	728.349	6.049.439	
SD-41	JA-03	PELLUHUE	723.066	6.036.105	
SD-49	JA-04	PELLUHUE	721.237	6.034.907	
SD-50	JA-56	CONSTITUCIÓN	760.118	6.103.700	
SD-52	JA-70	CONSTITUCIÓN	755.74	6.103.818	
SD-01	JA-05	CAUQUENES	747.415	6.013.254	<b>7-8-3 CAUQUENES</b>
SD-16	JA-06	CAUQUENES	758.484	6.016.293	
SD-37	JA-08	CAUQUENES	742.247	6.012.964	
SD-56	JA-10	CAUQUENES	739.279	6.000.591	
SD-26	JA-11	CAUQUENES	750.431	6.005.382	
SD-12	JA-12	CAUQUENES	751.793	6.003.269	
SD-09	JA-13	CAUQUENES	751.402	6.009.897	
SD-13	JA-14	CAUQUENES	750.252	5.991.408	
SD-10	JA-15	CAUQUENES	750.882	6.004.734	
SD-04	JA-16	CAUQUENES	755.114	6.020.461	
SD-22	JA-20	CAUQUENES	747.095	6.020.938	

**CUADRO 4.2.1-1  
COORDENADAS DE UBICACIÓN Y DISTRITO AGROCLIMÁTICO DE PREDIOS**

Sitio	ID Predial	Comuna	UTM Este	UTM Norte	Distrito Agroclimático
SD-03	JA-23	CAUQUENES	736.297	6.009.313	7-8-3 CAUQUENES
SD-06	JA-61	EMPEDRADO	761.169	6.045.351	
SD-25	JA-72	CAUQUENES	748.234	5.993.148	
SD-30	JA-73	CAUQUENES	757.787	6.011.788	
SD-42	JA-75	PENCAHUE	234.711	6.083.443	
SD-19	SM-02	CAUQUENES	751.456	6.003.479	
SD-11	SM-03	CAUQUENES	743.903	5.989.340	
SD-28	SM-04	CAUQUENES	745.671	5.993.699	
SD-20	JA-18	CAUQUENES	744.381	6.026.658	7-8-2: EMPEDRADO
SD-59	JA-19	CAUQUENES	743.391	6.025.689	
SD-40	JA-21	CAUQUENES	735.642	6.018.634	
SD-36	JA-22	CAUQUENES	741.143	6.027.549	
SD-47	JA-28	CAUQUENES	744.162	6.031.072	
SD-31	JA-59	EMPEDRADO	748.571	6.054.371	
SD-07	JA-60	EMPEDRADO	750.586	6.050.240	
SD-08	SM-01	CAUQUENES	743.687	6.033.777	
SD-05	JA-40	VICHUQUÉN	772.01	6.153.782	5-7-1: PICHILEMU
SD-29	JA-07	CAUQUENES	767.639	6.036.644	7-8-4: TALCA
SD-32	JA-17	CAUQUENES	763.683	6.021.528	
SD-34	SM-06	CAUQUENES	761.481	6.025.262	
SD-53	SM-08	PENCAHUE	245.233	6.091.437	
SD-17	SM-09	PENCAHUE	247.44	6.091.506	

Fuente: Elaboración propia

Se presenta así, a continuación, una descripción agroclimática general de cada Distrito con influencia en el área de estudio, mientras que en los Cuadro 4.2.1-2 al Cuadro 4.2.1-8, se presentan los valores mensuales y anuales de cada uno de los parámetros de caracterización agroclimática considerados por la mencionada fuente, para cada uno de ellos.

**a) Distrito 7-8-1: Constitución**

Definido como un agroclima templado cálido supratermal con régimen de humedad sub húmedo seco. La temperatura varía entre un máximo de enero de 24,4 °C (máx de 27,3 °C y mín de 20 °C dentro del distrito) y un mínimo de julio de 6,3 °C (máx de 6,7 °C y mín de 5,3 °C dentro del distrito). Tiene un promedio de 339 días consecutivos libres de heladas. En el año se registra un promedio de 2 heladas. El período de temperaturas favorables a la actividad vegetativa dura 11 meses. Registra anualmente 1.362 días grado y 303 horas de frío acumuladas hasta el 31 de Julio. La precipitación media anual es de 920 mm y un período seco de 5 meses, con un déficit hídrico de 726 mm/año. El período húmedo dura 4 meses durante los cuales se produce un excedente hídrico de 375 mm.

**CUADRO 4.2.1-2**  
**VALORES MENSUALES Y ANUALES DE PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA**  
**DISTRITO 7-8-1: CONSTITUCIÓN**

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. MAX (°C)	24,4	23,7	21,7	19,1	16,4	14,5	13,8	14,1	15,8	18,4	21,3	23,6	18,9
T. MIN (°C)	11,6	11,2	10,3	8,9	7,6	6,7	6,3	6,7	7,2	8,6	10	11,2	8,9
T. MED (°C)	17,2	16,7	15,3	13,4	11,5	10,1	9,6	9,9	11	12,9	15	16,6	13,3
DIAS GRADO (10-30°C)	216	200	159	104	65	44	37	40	57	93	149	198	1.362
DG. ACUM. (10-30°C)	655	855	1.014	1.118	1.183	1.227	1.265	1.305	1.362	93	241	439	1.362
HRS. Frío (T<7.2°C)	0	0	1	12	49	109	145	115	67	19	2	0	519
HF. ACUM. (T<7.2°C)	*	*	*	*	49	158	303	419	486	505	506	506	519
R. SOLAR (Cal/cm2día)	611	583	507	402	298	222	194	222	298	403	507	583	403
H. RELAT. (%)	75	75	77	80	82	84	85	84	82	79	77	75	80
PRECIPIT. (mm)	9	18	18	74	166	193	147	110	74	55	28	28	920
EVAP. POT. (mm)	162	155	134	106	78	57	50	57	78	106	134	155	1.271
DEF. HIDR. (mm)	153	136	116	32	0	0	0	0	4	51	107	127	726
EXC. HIDR. (mm)	0	0	0	0	88	136	98	53	0	0	0	0	375
HELADAS (T<0°C)	0	0	0	0	0,1	0,4	0,7	0,4	0,2	0	0	0	1,8

Fuente: Elaboración propia a partir de Universidad de Chile y FIA, 2017.

**b) Distrito 7-8-3: Cauquenes**

Definido como un agroclima templado cálido supratermal con régimen de humedad sub húmedo seco. La temperatura varía entre un máximo de enero de 29,5 °C (máx de 31 °C y mín de 27,8 °C dentro del distrito) y un mínimo de julio de 5 °C (máx de 6 °C y mín de 4,3 °C dentro del distrito). Tiene un promedio de 262 días consecutivos libres de heladas. En el año se registra un promedio de 6 heladas. El período de temperaturas favorables a la actividad vegetativa dura 9 meses. Registra anualmente 1.754 días grado y 557 horas de frío acumuladas hasta el 31 de Julio. La precipitación media anual es de 816 mm y un período seco de 6 meses, con un déficit hídrico de 947 mm/año. El período húmedo dura 4 meses durante los cuales se produce un excedente hídrico de 291 mm.

**CUADRO 4.2.1-3**  
**VALORES MENSUALES Y ANUALES DE PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA**  
**DISTRITO 7-8-3: CAUQUENES**

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. MAX (°C)	29,5	28,4	25,4	21,4	17,3	14,4	13,3	13,9	16,7	20,7	25	28,3	21,2
T. MIN (°C)	12,2	11,7	10,4	8,6	6,8	5,5	5	5,5	6,4	8,2	10,1	11,6	8,5
T. MED (°C)	19,9	19,2	17,1	14,3	11,5	9,5	8,7	9,3	11	13,8	16,8	19,1	14,2
DIAS GRADO (10-30°C)	297	275	214	131	71	41	32	37	63	118	203	272	1.754
DG. ACUM. (10-30°C)	891	1.166	1.380	1.511	1.582	1.622	1.654	1.691	1.754	118	322	594	1.754
HRS. Frío (T<7.2°C)	0	0	0	14	75	202	280	213	99	21	1	0	906
HF. ACUM. (T<7.2°C)	*	*	*	*	75	277	557	770	869	890	891	891	906
R. SOLAR (Cal/cm2día)	628	599	518	407	297	216	186	216	297	407	518	599	407
H. RELAT. (%)	63	64	67	72	77	80	81	80	76	71	67	64	72
PRECIPIT. (mm)	8	16	16	65	147	171	131	98	65	49	25	25	816
EVAP. POT. (mm)	195	186	159	123	86	60	50	60	86	123	159	186	1.472
DEF. HIDR. (mm)	187	169	143	57	0	0	0	0	21	74	135	161	947
EXC. HIDR. (mm)	0	0	0	0	61	112	81	38	0	0	0	0	291
HELADAS (T<0°C)	0	0	0	0	0,4	1,5	2,4	1,6	0,6	0	0	0	6,4

Fuente: Elaboración propia a partir de Universidad de Chile y FIA, 2017.

### c) Distrito 6-7-1: Curepto

Definido como un agroclima templado cálido supratermal con régimen de humedad semiárido. La temperatura varía entre un máximo de enero de 26,7 °C (máx de 28,5 °C y mín de 24 °C dentro del distrito) y un mínimo de julio de 5,4 °C (máx de 7 °C y mín de 5 °C dentro del distrito). Tiene un promedio de 339 días consecutivos libres de heladas. En el año se registra un promedio de 5 heladas. El período de temperaturas favorables a la actividad vegetativa dura 11 meses. Registra anualmente 1.569 días grado y 423 horas de frío acumuladas hasta el 31 de Julio. La precipitación media anual es de 638 mm y un período seco de 7 meses, con un déficit hídrico de 914 mm/año. El período húmedo dura 4 meses durante los cuales se produce un excedente hídrico de 228 mm.

**CUADRO 4.2.1-4**  
**VALORES MENSUALES Y ANUALES DE PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA**  
**DISTRITO 6-7-1: CUREPTO**

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. MAX (°C)	26,7	25,9	23,6	20,5	17,4	15,1	14,3	14,7	16,7	19,8	23,2	25,7	20,3
T. MIN (°C)	11,8	11,4	10,2	8,6	7	5,8	5,4	5,8	6,6	8,2	9,9	11,3	8,5
T. MED (°C)	18,4	17,8	16,1	13,9	11,7	10	9,4	9,8	11,1	13,4	15,8	17,7	13,8
DIAS GRADO (10-30°C)	252	233	184	119	72	47	40	44	64	107	176	231	1.569
DG. ACUM. (10-30°C)	765	999	1.183	1.302	1.374	1.421	1.461	1.505	1.569	107	283	514	1.569
HRS. Frío (T<7.2°C)	0	0	1	15	66	143	213	152	88	23	2	0	704
HF. ACUM. (T<7.2°C)	*	*	*	*	66	209	423	575	663	686	688	688	704
R. SOLAR (Cal/cm2día)	628	598	517	406	295	214	184	214	295	406	517	598	406
H. RELAT. (%)	72	73	75	78	81	83	84	82	80	77	75	73	78
PRECIPIT. (mm)	6	6	13	45	121	147	121	77	51	26	13	13	638
EVAP. POT. (mm)	173	165	142	110	79	56	48	56	79	110	142	165	1.325
DEF. HIDR. (mm)	167	158	129	66	0	0	0	0	28	85	129	152	914
EXC. HIDR. (mm)	0	0	0	0	42	91	74	21	0	0	0	0	228
HELADAS (T<0°C)	0	0	0	0	0,3	1,1	1,7	1,1	0,4	0	0	0	4,6

Fuente: Elaboración propia a partir de Universidad de Chile y FIA, 2017.

#### **d) Distrito 7-8-2: Empedrado**

Definido como un agroclima templado cálido supratermal con régimen de humedad sub húmedo seco. La temperatura varía entre un máximo de enero de 27,1 °C (máx de 29 °C y mín de 24,6 °C dentro del distrito) y un mínimo de julio de 5,7 °C (máx de 6,5 °C y mín de 4,7 °C dentro del distrito). Tiene un promedio de 300 días consecutivos libres de heladas. En el año se registra un promedio de 3 heladas. El período de temperaturas favorables a la actividad vegetativa dura 9 meses. Registra anualmente 1.595 días grado y 395 horas de frío acumuladas hasta el 31 de Julio. La precipitación media anual es de 858 mm y un período seco de 6 meses, con un déficit hídrico de 838 mm/año. El período húmedo dura 4 meses durante los cuales se produce un excedente hídrico de 325 mm.

**CUADRO 4.2.1-5**  
**VALORES MENSUALES Y ANUALES DE PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA**  
**DISTRITO 7-8-2: EMPEDRADO**

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. MAX (°C)	27,1	26,2	23,7	20,4	17	14,6	13,7	14,2	16,4	19,7	23,3	26,1	20,2
T. MIN (°C)	12,1	11,7	10,5	8,9	7,3	6,1	5,7	6,1	6,9	8,5	10,2	11,6	8,8
T. MED (°C)	18,7	18,1	16,4	14	11,6	9,9	9,3	9,7	11,1	13,5	16	18	13,9
DIAS GRADO (10-30°C)	262	243	191	121	70	44	36	40	62	108	181	240	1.595
DG. ACUM. (10-30°C)	790	1.033	1.223	1.344	1.414	1.458	1.493	1.533	1.595	108	289	529	1.595
HRS. Frío (T<7.2°C)	0	0	0	11	57	146	192	153	77	18	1	0	655
HF. ACUM. (T<7.2°C)	*	*	*	*	57	202	395	548	625	642	643	643	655
R. SOLAR (Cal/cm2día)	621	592	512	403	295	215	186	215	295	403	512	592	403
H. RELAT. (%)	68	69	72	75	78	81	82	80	78	74	71	69	75
PRECIPIT. (mm)	9	17	17	69	154	180	137	103	69	52	26	26	858
EVAP. POT. (mm)	178	170	146	114	82	59	50	59	82	114	146	170	1.371
DEF. HIDR. (mm)	170	153	129	46	0	0	0	0	14	63	121	144	838
EXC. HIDR. (mm)	0	0	0	0	72	121	87	44	0	0	0	0	325
HELADAS (T<0°C)	0	0	0	0	0,2	0,8	1,3	0,8	0,3	0	0	0	3,3

Fuente: Elaboración propia a partir de Universidad de Chile y FIA, 2017.

**e) Distrito 6-7-2: Lolol**

Definido como un agroclima templado cálido supratermal con régimen de humedad semi árido. La temperatura varía entre un máximo de enero de 29,7 °C (máx de 30,9 °C y mín de 28,1 °C dentro del distrito) y un mínimo de julio de 5,2 °C (máx de 6,1 °C y mín de 4,4 °C dentro del distrito). Tiene un promedio de 281 días consecutivos libres de heladas. En el año se registra un promedio de 5 heladas. El período de temperaturas favorables a la actividad vegetativa dura 9 meses. Registra anualmente 1.802 días grado y 490 horas de frío acumuladas hasta el 31 de Julio. La precipitación media anual es de 645 mm y un período seco de 7 meses, con un déficit hídrico de 1.027 mm/año. El período húmedo dura 4 meses durante los cuales se produce un excedente hídrico de 220 mm.

**CUADRO 4.2.1-6**  
**VALORES MENSUALES Y ANUALES DE PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA**  
**DISTRITO 6-7-2: LOLOL**

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. MAX (°C)	29,7	28,6	25,7	21,6	17,6	14,7	13,6	14,2	17	21	25,2	28,5	21,5
T. MIN (°C)	12,3	11,8	10,5	8,7	7	5,7	5,2	5,7	6,6	8,4	10,3	11,8	8,7
T. MED (°C)	20,1	19,3	17,3	14,5	11,7	9,7	9	9,5	11,2	14	16,9	19,2	14,4
DIAS GRADO (10-30°C)	302	279	219	136	74	43	34	40	66	123	208	277	1.802
DG. ACUM. (10-30°C)	910	1.189	1.408	1.544	1.618	1.662	1.696	1.736	1.802	123	332	608	1.802
HRS. Frío (T<7.2°C)	0	0	0	12	66	172	252	182	88	18	1	0	792
HF. ACUM. (T<7.2°C)	*	*	*	*	66	238	490	673	760	779	779	779	792
R. SOLAR (Cal/cm2día)	643	612	528	413	298	214	184	214	299	413	528	612	413
H. RELAT. (%)	67	68	71	75	78	81	82	81	78	74	70	68	74
PRECIPIT. (mm)	7	7	13	45	123	148	123	77	52	26	13	13	645
EVAP. POT. (mm)	193	184	157	121	85	59	49	59	85	121	157	184	1.453
DEF. HIDR. (mm)	187	177	144	76	0	0	0	0	33	95	144	171	1.027
EXC. HIDR. (mm)	0	0	0	0	38	90	74	19	0	0	0	0	220
HELADAS (T<0°C)	0	0	0	0	0,3	1,3	2	1,3	0,5	0	0	0	5,3

Fuente: Elaboración propia a partir de Universidad de Chile y FIA, 2017.

**f) Distrito 7-8-4: Talca**

Definido como un agroclima templado cálido supratermal con régimen de humedad semi árido. La temperatura varía entre un máximo de enero de 29,7 °C (máx de 31,6 °C y mín de 28,2 °C dentro del distrito) y un mínimo de julio de 3,9 °C (máx de 5,2 °C y mín de 4,7 °C dentro del distrito). Tiene un promedio de 228 días consecutivos libres de heladas. En el año se registra un promedio de 15 heladas. El periodo de temperaturas favorables a la actividad vegetativa dura 9 meses. Registra anualmente 1.707 días grado y 784 horas de frío acumuladas hasta el 31 de Julio. La precipitación media anual es de 720 mm y un periodo seco de 7 meses, con un déficit hídrico de 1.030 mm/año. El período húmedo dura 4 meses durante los cuales se produce un excedente hídrico de 229 mm.

**CUADRO 4.2.1-7**  
**VALORES MENSUALES Y ANUALES DE PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA**  
**DISTRITO 7-8-4: TALCA**

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. MAX (°C)	29,7	28,6	25,5	21,2	17	13,9	12,8	13,5	16,4	20,6	25	28,4	21,1
T. MIN (°C)	12,1	11,6	10	8	5,9	4,4	3,9	4,4	5,6	7,6	9,8	11,5	7,9
T. MED (°C)	20	19,2	17	14	11	8,8	8	8,6	10,5	13,5	16,6	19,1	13,8
DIAS GRADO (10-30°C)	299	275	209	123	64	36	24	32	57	111	205	272	1.707
DG. ACUM. (10-30°C)	887	1.162	1.371	1.494	1.558	1.594	1.618	1.650	1.707	111	317	589	1.707
HRS. Frío (T<7.2°C)	0	0	1	24	106	306	372	318	153	34	2	0	1.316
HF. ACUM. (T<7.2°C)	*	*	*	*	106	412	784	1.102	1.255	1.289	1.291	1.291	1.316
R. SOLAR (Cal/cm2día)	655	624	540	426	311	227	197	227	311	426	540	624	426
H. RELAT. (%)	59	61	65	71	77	82	83	81	77	71	65	61	71
PRECIPIT. (mm)	7	14	14	58	130	151	115	86	58	43	22	22	720
EVAP. POT. (mm)	205	195	166	127	88	59	48	59	88	127	166	195	1.521
DEF. HIDR. (mm)	198	180	152	69	0	0	0	0	30	84	144	173	1.030
EXC. HIDR. (mm)	0	0	0	0	42	92	67	28	0	0	0	0	229
HELADAS (T<0°C)	0	0	0	0,1	1	3,5	5,1	3,6	1,4	0,1	0	0	14,7

Fuente: Elaboración propia a partir de Universidad de Chile y FIA, 2017.

**g) Distrito 5-7-1: Pichilemu**

Definido como un agroclima templado cálido supratermal con régimen de humedad semi árido. La temperatura varía entre un máximo de enero de 23,7 °C (máx de 25,2 °C y mín de 21 °C dentro del distrito) y un mínimo de julio de 6,5 °C (máx de 7,7 °C y mín de 6 °C dentro del distrito). Tiene un promedio de 345 días consecutivos libres de heladas. En el año se registra un promedio de 1 helada. El período de temperaturas favorables a la actividad vegetativa dura 12 meses. Registra anualmente 1.375 días grado y 249 horas de frío acumuladas hasta el 31 de Julio. La precipitación media anual es de 616 mm y un período seco de 7 meses, con un déficit hídrico de 828 mm/año. El período húmedo dura 4 meses durante los cuales se produce un excedente hídrico de 230 mm.

**CUADRO 4.2.1-8**  
**VALORES MENSUALES Y ANUALES DE PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA**  
**DISTRITO 5-7-1: PICHILEMU**

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. MAX (°C)	23,7	23,1	21,4	19,1	16,9	15,2	14,6	14,8	16,2	18,5	21	23	19
T. MIN (°C)	11,8	11,4	10,5	9,1	7,8	6,9	6,5	6,9	7,4	8,8	10,2	11,4	9,1
T. MED (°C)	17	16,5	15,2	13,5	11,8	10,5	10,1	10,3	11,3	13	14,9	16,4	13,4
DIAS GRADO (10-30°C)	209	195	157	106	71	51	44	47	62	95	147	192	1.375
DG. ACUM. (10-30°C)	642	837	994	1.100	1.171	1.221	1.266	1.313	1.375	95	242	434	1.375
HRS. Frío (T<7.2°C)	0	0	0	10	40	90	118	95	56	16	1	0	427
HF. ACUM. (T<7.2°C)	*	*	*	*	40	131	249	344	400	416	417	417	427
R. SOLAR (Cal/cm2día)	593	566	494	395	297	225	198	225	297	395	494	566	395
H. RELAT. (%)	77	78	79	81	84	85	86	85	83	81	79	78	81
PRECIPIT. (mm)	0	6	19	31	117	142	129	80	55	19	12	6	616
EVAP. POT. (mm)	153	146	127	101	75	56	50	56	75	101	127	146	1.213
DEF. HIDR. (mm)	153	140	108	70	0	0	0	0	20	83	115	140	828
EXC. HIDR. (mm)	0	0	0	0	42	85	80	24	0	0	0	0	230
HELADAS (T<0°C)	0	0	0	0	0,1	0,3	0,5	0,3	0,1	0	0	0	1,4

Fuente: Elaboración propia a partir de Universidad de Chile y FIA, 2017.

#### 4.2.2. Adaptabilidad Climática de los Cultivos

El presente análisis de adaptabilidad está relacionado con las características agroclimáticas de la zona potencial de riego. Se considera como principales parámetros de evaluación, las temperaturas mínimas y máximas, la acumulación de horas frío, la sensibilidad a heladas y la acumulación de grados día.

En el Cuadro 4.2.2-1, se señalan los requerimientos climáticos y la adaptabilidad de diferentes cultivos posibles de producir en la zona de estudio en función de los parámetros existentes. De los cultivos propuestos por los potenciales beneficiarios por los proyectos, solo se detectan limitantes importantes para el desarrollo de paltas, principalmente debido a su alta sensibilidad a las heladas, por lo que en el uso final propuestos (Acápites 4.3) se ha omitido su proposición.



**CUADRO 4.2.2-1  
ADAPTABILIDAD CLIMÁTICA DE CULTIVOS**

Especie	Temperatura Mínima Crecimiento °C	Temperatura Máxima Crecimiento °C	Rango Optimo Temperatura °C	Horas de frío	Grados Día (base 10º)	Heladas		Grado de Adaptabilidad						
						Periodo Libre (días)	Sensibilidad	Distritos Agroclimáticos						
7-8-1: CONSTITUCIÓN	6,3	24,4	6,3 - 24,4	519	1.362	339		7-8-1 CONSTITUCIÓN	7-8-2 EMPEDRADO	7-8-3 CAUQUENES	7-8-4 TALCA	6-7-2 LOLOL	6-7-1 CUREPTO	5-7-1 PICHILEMU
7-8-2: EMPEDRADO	5,7	27,1	5,7 - 27,1	655	1.595	300								
7-8-3 CAUQUENES	5	29,5	5,0 - 29,5	906	1.754	262								
7-8-4: TALCA	3,9	29,7	3,9 - 29,7	1316	1.707	228								
6-7-2: LOLOL	5,2	29,7	5,2 - 29,7	792	1.802	281								
6-7-1: CUREPTO	5,4	26,7	5,4 - 26,7	704	1.569	339								
5-7-1: PICHILEMU	6,5	23,7	6,5 - 23,7	427	1.375	345								
<b>Frutales</b>														
Almendro	10	40	16-25	200-600	1.000-1.200	225	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Arándano	7	33	16-25	500-1.300	800-1.200	-	Medianamente Resistente	No Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado	No Adaptado
Avellano Europeo	-	-	13-16	700-1.200	700	-	Medianamente Resistente	No Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado	No Adaptado
Cerezo	7	36	18-24	800-1.200	1300	-	Medianamente Resistente	No Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado	No Adaptado
Ciruelo	10	37	18-27	500-1.000	1.000-1.500	90-180	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Clementinas	14	-	-	-	1.400-1.900	300-360	Medianamente Resistente	No Adaptado	Bien Adaptado	No Adaptado	No Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	No Adaptado
Damasco	8	40	18-24	350-900	700	120	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Duraznero	10	40	21-27	300-1.000	1000	90-150	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Frambuesa	8	38	16-25	600-1.000	450-850	-	Medianamente Resistente	No Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	No Adaptado
Higuera	-	-	-	100-350	-	-	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Limonero	13	42	22-27	-	1.400-1.900	300-360	Sensible	No Adaptado	Bien Adaptado	No Adaptado	No Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	No Adaptado
Membrillo	7	37	20-25	400-900	1000-1400	-	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Naranja	14	39	20-26	-	1.400-1.900	300-360	Medianamente Resistente	No Adaptado	Bien Adaptado	No Adaptado	No Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	No Adaptado
Nogales	10	38	21-28	500-1.000	1.300-1.700	180-200	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	No Adaptado
Olivos	6	40	22-27	800	1.400-1.800	180-300	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	No Adaptado
Palto	10	35	20-26	No requiere	-	300-360	Sensible	No Adaptado	Moderadamente Adaptado	No Adaptado	No Adaptado	No Adaptado	Moderadamente Adaptado	No Adaptado
Peral	6	38	20-26	400-1.500	690-1.500	115-200	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado	No Adaptado
Vid	10	44	20-26	500-750	900-1.500	150-180	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	No Adaptado
<b>Cereales</b>														
Avena	4	35	19-26	-	400-650	-	Resistente	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado
Maíz Grano	12	40	15-30	-	1.000-1.500	180	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Trigo	4	30	18-24	-	550-850	-	Resistente	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado
Cebada	4	30	19-26	-	550-750	-	Resistente	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado
<b>Praderas</b>														
Alfalfa	5	38	18-28	-	-	-	Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado



**CUADRO 4.2.2 1  
ADAPTABILIDAD CLIMÁTICA DE CULTIVOS**

Especie	Temperatura Mínima Crecimiento °C	Temperatura Máxima Crecimiento °C	Rango Optimo Temperatura °C	Horas de frío	Grados Día (base 10º)	Heladas		Grado de Adaptabilidad							
						Periodo Libre (días)	Sensibilidad	Distritos Agroclimáticos							
<b>Hortalizas</b>															
Ají	13	32	20-26	-	750-950	-	Muy Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Alcachofa	7	25	15-20	-	850-1.250	-	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Arveja	5	30	15-24	-	450-650	70-100	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Brócoli	4	38	23-30	-	-	-	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Cebolla	2	35	15-25	960-1.440	600-900	90-160	Medianamente Resistente	No Adaptado	No Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado	No Adaptado	No Adaptado	
Maíz Choclo	12	40	15-30	-	950-1.400	80-180	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Esparrago	10	37	18-30	-	-	-	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Frutilla	7	29	18-25	-	300-600	100-150	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Haba	5	30	15-24	-	450-650	-	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Lechuga	2	30	14-25	-	-	60-130	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Melón	15	38	18-30	-	850-1.100	90-130	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Papa	7	30	18-22	-	700-1.000	90-180	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Pepino Dulce	12	35	20-30	-	800-1.100	-	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Pimentón	13	35	18-30	-	750-950	-	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Poroto (Verde)	6	36	18-26	-	540-1.050	90-150	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Repollo	1	38	15-30	-	-	-	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Sandía	15	40	20-30	-	1200	100-180	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Tomate	10	35	18-30	-	650-750	200-300	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Zanahoria	4	35	17-25	-	-	120-200	Medianamente Resistente	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado
Zapallo	11	38	17-30	-	-	150-200	Sensible	Moderadamente Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Bien Adaptado	Moderadamente Adaptado

Fuente: Elaboración propia a partir de Universidad de Chile y FIA ( 2017) y FAO 56.



### 4.3. ESTRUCTURA DE CULTIVOS Y SUPERFICIE MÁXIMA REGABLE

La estructura de cultivos definitiva corresponde al uso de suelo esperado por los agricultores, pero acotado según la adaptabilidad climática de los mismos en relación al distrito agroclimático que caracteriza la zona de riego de cada sitio de microtrunque y según criterios técnicos de la presente consultoría.

Al respecto, se descarta la implementación del cultivo de palto en dos de los sitios por no contar con adaptabilidad climática al distrito en el que está inserto cada predio (SD-11 y SD-14), recalculando las proporciones de cultivos restantes.

También, pese a las intenciones respecto al riego manifestadas por cada agricultor respecto de una Situación Con Proyecto, la presente consultoría priorizó la eficiencia de riego según el cultivo a implementar, descartando como preferencias los métodos tradicionales, como el riego por tendido, el cual se reemplaza por cintas, aspersión o surcos según el caso, y el reemplazo del riego por surcos por cintas en otros. Esto, dado lo escaso del recurso hídrico disponible, de la escasa capacidad promedio de volumen de acumulación que tienen los diseños de tranques y del elevado costo promedio que requiere su construcción.

Bajo estas consideraciones, se presenta en el Cuadro 4.3-1, el uso del suelo máximo potencial regable de cada proyecto según expectativas de cada agricultor. La superficie final regada con 85% de seguridad de riego se determinará en función de las tasas de riego y la oferta de agua en cada microtrunque.

**CUADRO 4.3-1  
ESTRUCTURA DE CULTIVOS Y SUPERFICIE MÁXIMA REGABLE**

Sitio	ID	Cultivo	Objetivo de Superficie Regada (ha)					Total
			Tendido	Surcos	Aspersión	Cintas	Goteo	
SD-01	JA-05	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>30,0</b>	<b>30,0</b>
SD-02	JA-81	Olivo	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>
SD-03	JA-23	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Olivo	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Hortaliza	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>
SD-04	JA-16	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	7,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>
SD-05	JA-40	Alfalfa	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	10,0
		Olivo	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
		Limón	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0</b>	<b>0,0</b>	<b>15,0</b>	<b>25,0</b>
SD-06	JA-61	Sandía	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Hortaliza	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>

**CUADRO 4.3-1**  
**ESTRUCTURA DE CULTIVOS Y SUPERFICIE MÁXIMA REGABLE**

Sitio	ID	Cultivo	Objetivo de Superficie Regada (ha)					Total
			Tendido	Surcos	Aspersión	Cintas	Goteo	
SD-07	JA-60	Cerezo	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	6,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>
SD-08	SM-01	Sandía	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	3,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>
SD-09	JA-13	Limón	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Almendo	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
SD-10	JA-15	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		Hortaliza	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>
SD-11	SM-03	Frambuesa	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
SD-12	JA-12	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	13,0
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0
		Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>20,0</b>	<b>20,0</b>
SD-13	JA-14	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
SD-14	JA-02	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	6,0
		Alfalfa	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	4,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,0</b>	<b>10,0</b>
SD-15	JA-53	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>
SD-16	JA-06	Cerezo	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		Alfalfa	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>
SD-17	SM-09	Maíz	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	10,0
		Alfalfa	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	10,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>20,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>20,0</b>
SD-18	JA-42	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0
		Alfalfa	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>	<b>6,0</b>
SD-19	SM-02	Alfalfa	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	3,0
		Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>
SD-20	JA-18	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Almendo	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		Alfalfa	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>10,0</b>
SD-21	CE-14	Huerto Frutal	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	6,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>
SD-22	JA-20	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	12,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>12,0</b>	<b>12,0</b>

**CUADRO 4.3-1**  
**ESTRUCTURA DE CULTIVOS Y SUPERFICIE MÁXIMA REGABLE**

Sitio	ID	Cultivo	Objetivo de Superficie Regada (ha)					Total
			Tendido	Surcos	Aspersión	Cintas	Goteo	
SD-23	JA-50	Hortaliza	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0
		Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>2,5</b>	<b>3,5</b>
SD-24	JA-46	Maíz	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	10,0
		Hortaliza	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	5,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0</b>	<b>0,0</b>	<b>5,0</b>	<b>0,0</b>	<b>15,0</b>
SD-25	JA-72	Cerezo	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
		Frutilla	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
		Hortaliza	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
		Maíz	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>5,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>5,0</b>
SD-26	JA-11	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	7,0
		Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>
SD-27	JA-47	Olivo	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>
SD-28	SM-04	Maíz	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
		Huerto Frutal	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>
SD-29	JA-07	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>
SD-30	JA-73	Maíz	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	3,0
		Alfalfa	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>
SD-31	JA-59	Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	13,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>13,5</b>	<b>13,5</b>
SD-32	JA-17	Alfalfa	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
		Maíz	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5
		Hortaliza	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>
SD-33	CE-15	Alfalfa	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	8,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>
SD-34	SM-06	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	8,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>
SD-35	JA-76	Limón	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Almendro	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>
SD-36	JA-22	Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0
		Cerezo	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>
SD-37	JA-08	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	40,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>40,0</b>	<b>40,0</b>
SD-38	JA-51	Hortaliza	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	3,0
		Alfalfa	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	3,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,0</b>

**CUADRO 4.3-1**  
**ESTRUCTURA DE CULTIVOS Y SUPERFICIE MÁXIMA REGABLE**

Sitio	ID	Cultivo	Objetivo de Superficie Regada (ha)					Total
			Tendido	Surcos	Aspersión	Cintas	Goteo	
SD-39	JA-79	Hortaliza	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5
		Poroto	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>
SD-40	JA-21	Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>
SD-41	JA-03	Hortaliza	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5
		Alfalfa	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
		Poroto	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>
SD-42	JA-75	Cerezo	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	15,0
		Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
		Olivo	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>35,0</b>	<b>35,0</b>
SD-43	CE-09	Huerto Frutal	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
SD-44	JA-01	Poroto	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
		Maíz	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
		Hortaliza	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
		Alfalfa	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>
SD-45	JA-33	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Almendro	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Olivo	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>
SD-46	JA-48	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	8,0
		Hortaliza	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>10,0</b>
SD-47	JA-28	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>
SD-48	CE-08	Poroto	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	3,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
SD-49	JA-04	Hortaliza	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
		Frutilla	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		Poroto	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
		Maíz	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	1,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>6,0</b>
SD-50	JA-56	Hortaliza	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	7,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>7,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>7,0</b>
SD-51	JA-49	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		Alfalfa	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	3,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,5</b>	<b>0,0</b>	<b>8,0</b>	<b>11,5</b>
SD-52	JA-70	Hortaliza	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	4,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>

**CUADRO 4.3-1  
ESTRUCTURA DE CULTIVOS Y SUPERFICIE MÁXIMA REGABLE**

Sitio	ID	Cultivo	Objetivo de Superficie Regada (ha)					Total
			Tendido	Surcos	Aspersión	Cintas	Goteo	
SD-53	SM-08	Sandía	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0
		Maíz	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0
		Alfalfa	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>7,0</b>
SD-54	JA-32	Alfalfa	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0
		Hortaliza	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		Frutilla	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>
SD-55	CE-02	Maíz	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
		Alfalfa	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0
		Sandía	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>
SD-56	JA-10	Hortaliza	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0
		Cerezo	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>4,0</b>
SD-57	CE-06	Alfalfa	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	5,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>5,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>5,0</b>
SD-58	JA-64	Limón	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		Almendro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>
SD-59	JA-19	Nogal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Arándano	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
SD-60	JA-52	Huerto Frutal	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Viña	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de Encuesta Simple.

#### 4.4. DEMANDAS DE AGUA PARA RIEGO

##### 4.4.1. Cálculo de Tasa de Riego

La información relativa a evapotranspiración potencial existente por distrito, asociada a cada predio, junto a una adecuada determinación de coeficientes de cultivo (Kc), permiten, junto a otros factores, la obtención de tasas de riego por unidad de superficie. De esta forma, se cuenta con un importante antecedente para el diseño de una obra de acumulación, al compatibilizar las características del sitio de acumulación, con el requerimiento hídrico del proyecto agrícola a desarrollar, requerimiento asociado a la especie y cantidad de superficie a cultivar.

Durante el desarrollo de la Encuesta Simple se consultó a cada agricultor por las expectativas de desarrollo agrícola ante un eventual proyecto de riego, en cuanto a los cultivos a desarrollar y la superficie a cultivar, de manera de contar con información base para los cálculos descritos. Cada uno de los 60 agricultores manifestaron sus preferencias de cultivo, lo que se generó un conjunto de alternativas

que fue necesario de agrupar por categorías para efectos de asignar coeficientes de cultivo a cada una de ellas.

De esta forma, se presenta en el Cuadro 4.4.1-1, la distribución de coeficientes de cultivo específicos para la zona, basados en FAO Irrigation and Drainage Paper 56, y en antecedentes de Kc presentes en estudios anteriores en el secano de la Región del Maule.

**CUADRO 4.4.1-1  
COEFICIENTES DE CULTIVO Kc POR CATEGORÍA DE CULTIVOS**

Cultivos	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Alfalfa	0,60	0,35	0,35	0,35	0,35	0,55	0,75	0,90	0,95	0,95	0,85	0,80
Hortaliza							0,38	0,42	1,00	1,12	0,98	0,74
Viña	0,60					0,30	0,50	0,75	0,80	0,80	0,75	0,70
Nogal	0,40					0,40	0,55	0,75	0,90	0,95	0,80	0,65
Maíz						0,40	0,65	0,85	1,00	1,10	0,85	0,50
Arándano	0,30					0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50
Cerezo						0,50	0,70	0,85	0,90	0,70	0,60	0,30
Olivo	0,30	0,20				0,30	0,50	0,70	0,90	0,95	0,70	0,30
Poroto							0,30	0,55	0,73	1,15	0,75	0,30
Almendro						0,50	0,70	0,85	0,90	0,70	0,60	0,30
Sandía								0,55	0,75	0,90	1,00	0,90
Limón	0,75	0,70	0,60	0,55	0,60	0,70	0,75	0,80	0,90	0,90	0,80	0,80
Huerto Frutal						0,30	0,50	0,71	0,92	0,97	0,70	0,40
Frutilla	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,40	0,50	0,60
Frambuesa	0,30	0,20	0,10	0,10	0,30	0,40	0,60	0,70	0,85	0,90	0,75	0,60

Fuente: Elaboración propia a partir de FAO 56.

Al conocer la **Evapotranspiración Potencial (ET<sub>o</sub>)** y los **Kc de cultivo**, es posible obtener a través de su producto, la **Evapotranspiración Real de Cultivos (ET<sub>c</sub>)**. A su vez, es posible determinar la **Precipitación Efectiva** de cada distrito agroclimático. Ésta corresponde a la fracción de la **Precipitación Total** que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula utilizada para transformar precipitación total en efectiva corresponde al método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez:

$$P_{ef} = -0,0022 * PP^2 + 1,0903 * PP$$

Donde:

*P<sub>ef</sub>*: Precipitación efectiva mensual

*PP*: Precipitación media mensual

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ET<sub>r</sub>) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Dónde:

**Dn** es la demanda neta de cultivo (mm)

**Etr** es la Evapotranspiración real (mm), y

**Pef** es la precipitación efectiva (mm)

El siguiente paso fue determinar las **eficiencias de riego** para los distintos métodos a utilizar en cada predio en el contexto del proyecto de riego, lo que también se consultó en la Encuesta simple. Estas eficiencias de riego prediales son determinadas tomando como base los parámetros utilizados en los manuales y estudios de la Comisión Nacional de Riego, los que además son considerados en los concursos de fomento al riego (Ley 18.450). Los valores corresponden a los que se producen a nivel potrero y varían según el método de riego utilizado, sea éste gravitacional o tecnificado (Cuadro 4.4.1-2).

**CUADRO 4.4.1-2**  
**EFICIENCIAS DE RIEGO POR MÉTODO UTILIZADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

Sistema de Riego	Eficiencia (%)
Goteo	90
Cintas	90
Aspersión	75
Surcos	45
Tendido	30

Fuente: Elaboración propia a partir de ITT-02 (CNR, 2015).

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o **Tasas de Riego (Tr)**, resultan de la división de las **demandas netas (Dn)** y la **eficiencia de aplicación (Ea)**, multiplicado por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m<sup>3</sup>/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión:

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Dónde:

**Tr** es la Tasa de Riego en m<sup>3</sup>/ha/mes

**Dn** es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

**Ea** es la eficiencia de aplicación de riego

Bajo esta metodología se determinaron, para cada uno de los predios en estudio, las tasas de riego por unidad estándar de superficie, cálculos y resultados que fueron consignados en las respectivas **Carpetas Técnicas de cada proyecto**, proporcionando importante insumo en la metodología de diseño y dimensionamiento de cada obra de acumulación, para llegar finalmente a dimensionar **la demanda bruta** de agua de riego anual por cada sitio, que determina la cantidad de superficie factible de cultivar en cada proyecto asociado a tranque. Esta, no es más que el producto de la tasa de riego con la superficie a regar.

Se presenta en las carpetas técnicas, para cada sitio en estudio, la información agroclimática de ET<sub>0</sub> y PP mensual y anual de los distritos que representan las características climáticas de cada uno, que llevan al cálculo de la **P<sub>ef</sub>** mensual y anual de cada sitio. También se presentan la **superficie por cultivo** manifestada como preferencia por cada agricultor y el **método de riego empleado** en cada uno, asociando a esto los **K<sub>c</sub> de cultivo y las eficiencias de riego** según cada método. Finalmente se presentan como resultado de la metodología descrita, para cada sitio, las **demandas brutas** de agua que conducen al cálculo de las **tasas de riego** para cada sitio, las que se presentan en forma resumida mensualmente para cada uno de lossitios en el Cuadro 4.4.1-3.

**CUADRO 4.4.1-3**  
**TASAS DE RIEGO MENSUALES SITIOS EN ESTUDIO**

Sitio	ID	Tasa de Riego Ponderada (m <sup>3</sup> /ha/mes)												
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
SD-01	JA-05	142	0	0	0	0	0	150	1.048	1.376	1.644	1.372	1.059	6.791
SD-02	JA-81	0	0	0	0	0	0	322	960	1.506	1.760	1.217	329	6.094
SD-03	JA-23	0	0	0	0	0	0	148	896	1.623	2.044	1.468	755	6.933
SD-04	JA-16	142	0	0	0	0	0	150	1.048	1.376	1.644	1.372	1.059	6.791
SD-05	JA-40	258	0	0	0	0	0	569	1.086	1.543	1.728	1.304	709	7.197
SD-06	JA-61	0	0	0	0	0	0	0	617	1.444	2.020	1.875	1.318	7.275
SD-07	JA-60	0	0	0	0	0	0	331	1.090	1.411	1.284	944	298	5.358
SD-08	SM-01	0	0	0	0	0	0	0	603	1.128	1.680	1.700	1.271	6.382
SD-09	JA-13	116	0	0	0	0	0	378	1.136	1.582	1.753	1.338	853	7.156
SD-10	JA-15	107	0	0	0	0	0	113	1.018	1.927	2.402	1.953	1.359	8.878
SD-11	SM-03	0	0	0	0	0	0	242	1.018	1.548	1.934	1.441	941	7.124
SD-12	JA-12	14	0	0	0	0	0	212	1.070	1.639	1.992	1.455	914	7.296
SD-13	JA-14	47	0	0	0	0	0	196	1.077	1.617	1.934	1.427	912	7.210
SD-14	JA-02	0	0	0	0	0	0	177	978	1.380	1.739	1.314	936	6.523
SD-15	JA-53	244	0	0	0	0	0	322	1.039	1.322	1.471	1.309	960	6.667
SD-16	JA-06	86	0	0	0	0	0	507	1.400	1.803	1.896	1.479	918	8.087
SD-17	SM-09	142	0	0	0	0	0	626	1.644	2.242	2.709	2.024	1.252	10.638
SD-18	JA-42	98	0	0	0	0	0	506	1.203	1.643	1.877	1.530	1.034	7.892
SD-19	SM-02	128	0	0	0	0	0	498	1.443	1.913	2.266	1.790	1.355	9.393
SD-20	JA-18	12	0	0	0	0	0	264	1.096	1.575	1.761	1.273	715	6.697
SD-21	CE-14	0	0	0	0	0	0	383	1.094	1.737	2.002	1.353	553	7.122
SD-22	JA-20	142	0	0	0	0	0	150	1.048	1.376	1.644	1.372	1.059	6.791
SD-23	JA-50	227	0	0	0	0	0	337	999	1.608	1.834	1.590	1.097	7.693
SD-24	JA-46	0	0	0	0	0	0	855	1.981	3.167	3.816	2.855	1.353	14.027
SD-25	JA-72	34	0	0	0	0	0	331	1.164	1.998	2.275	1.719	894	8.414
SD-26	JA-11	110	0	0	0	0	0	165	1.048	1.422	1.716	1.395	1.039	6.897
SD-27	JA-47	159	0	0	0	0	0	383	1.121	1.594	1.799	1.405	728	7.188
SD-28	SM-04	0	0	0	0	0	0	289	1.223	1.885	2.383	1.582	688	8.050
SD-29	JA-07	236	0	0	0	0	0	239	1.139	1.489	1.744	1.470	1.136	7.453

**CUADRO 4.4.1-3  
TASAS DE RIEGO MENSUALES SITIOS EN ESTUDIO**

Sitio	ID	Tasa de Riego Ponderada (m <sup>3</sup> /ha/mes)												
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
SD-30	JA-73	43	0	0	0	0	0	681	2.231	3.189	4.033	2.842	1.429	14.448
SD-31	JA-59	0	0	0	0	0	0	141	1.009	1.694	1.977	1.284	622	6.727
SD-32	JA-17	142	0	0	0	0	0	529	1.467	2.370	2.886	2.230	1.451	11.074
SD-33	CE-15	381	0	0	0	0	0	864	1.711	2.157	2.352	1.992	1.501	10.958
SD-34	SM-06	236	0	0	0	0	0	239	1.139	1.489	1.744	1.470	1.136	7.453
SD-35	JA-76	214	0	0	0	0	35	598	1.158	1.506	1.471	1.217	724	6.921
SD-36	JA-22	0	0	0	0	0	0	236	1.050	1.553	1.631	1.114	460	6.043
SD-37	JA-08	142	0	0	0	0	0	150	1.048	1.376	1.644	1.372	1.059	6.791
SD-38	JA-51	147	0	0	0	0	0	552	1.284	2.648	3.143	2.626	1.694	12.092
SD-39	JA-79	0	0	0	0	0	0	163	1.137	2.156	3.555	2.322	780	10.112
SD-40	JA-21	25	0	0	0	0	0	110	969	1.458	1.730	1.256	785	6.331
SD-41	JA-03	0	0	0	0	0	0	88	974	2.050	3.411	2.215	995	9.733
SD-42	JA-75	41	0	0	0	0	0	267	1.098	1.523	1.645	1.210	554	6.337
SD-43	CE-09	0	0	0	0	0	0	322	976	1.542	1.798	1.217	487	6.342
SD-44	JA-01	0	0	0	0	0	0	141	842	1.528	2.213	1.533	805	7.062
SD-45	JA-33	0	0	0	0	0	0	409	1.050	1.506	1.623	1.217	487	6.292
SD-46	JA-48	39	0	0	0	0	0	450	1.166	2.117	2.498	2.017	1.251	9.537
SD-47	JA-28	0	0	0	0	0	0	141	969	1.553	1.878	1.303	744	6.587
SD-48	CE-08	0	0	0	0	0	0	156	1.447	2.389	4.289	2.618	658	11.557
SD-49	JA-04	17	0	0	0	0	0	147	907	1.636	2.261	1.572	790	7.330
SD-50	JA-56	0	0	0	0	0	0	0	629	2.822	3.831	2.976	1.804	12.062
SD-51	JA-49	137	0	0	0	0	0	577	1.353	1.916	2.135	1.679	1.077	8.875
SD-52	JA-70	0	0	0	0	0	0	0	377	1.693	2.299	1.785	1.083	7.237
SD-53	SM-08	81	0	0	0	0	0	461	1.572	2.312	2.948	2.404	1.535	11.313
SD-54	JA-32	238	0	0	0	0	18	562	1.135	1.666	1.753	1.541	1.127	8.039
SD-55	CE-02	147	0	0	0	0	0	629	1.545	2.111	2.496	2.083	1.312	10.322
SD-56	JA-10	0	0	0	0	0	0	212	844	1.686	1.883	1.455	741	6.820
SD-57	CE-06	293	0	0	0	0	0	753	1.531	1.917	2.112	1.791	1.341	9.738
SD-58	JA-64	321	0	0	0	0	53	613	1.138	1.506	1.567	1.308	921	7.426
SD-59	JA-19	0	0	0	0	0	0	141	955	1.505	1.845	1.309	785	6.540
SD-60	JA-52	81	0	0	0	0	0	322	997	1.469	1.689	1.248	645	6.450

Fuente: Elaboración propia

El mencionado Anexo presenta un cálculo de **demandas brutas** máximas asociadas a las superficies que preliminarmente manifestaron los agricultores como potencialmente regable.

#### 4.4.2. Superficie Regada Definitiva

La superficie de riego con 85% de seguridad se calculó según lo indicado en los manuales técnicos de los concursos en el marco de la Ley 18.450. Se contrastó el volumen acumulado anual en cada sitio de microtrunque y se dividió por la tasa de riego anual descrita anteriormente. Los resultados, además de las demandas brutas totales, se presentan en el Cuadro 4.4.2-1.

**CUADRO 4.4.2 1**  
**SUPERFICIE REGADA CON 85% DE SEGURIDAD Y**  
**DEMANDAS BRUTAS TOTALES**

Sitio	ID	Sup. Regable 85% (ha)	Demandas Brutas (m <sup>3</sup> /mes)													
			Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total	
SD-01	JA-05	2,39	339	0	0	0	0	0	0	358	2.502	3.285	3.925	3.275	2.528	16.212
SD-02	JA-81	1,09	0	0	0	0	0	0	0	350	1.044	1.638	1.914	1.324	358	6.629
SD-03	JA-23	1,47	0	0	0	0	0	0	0	217	1.319	2.390	3.009	2.161	1.112	10.209
SD-04	JA-16	3,14	447	0	0	0	0	0	0	472	3.296	4.327	5.170	4.315	3.331	21.357
SD-05	JA-40	5,10	1.314	0	0	0	0	0	0	2.902	5.540	7.871	8.812	6.649	3.615	36.701
SD-06	JA-61	2,44	0	0	0	0	0	0	0	0	1.507	3.525	4.930	4.577	3.216	17.754
SD-07	JA-60	1,76	0	0	0	0	0	0	0	583	1.921	2.487	2.263	1.664	525	9.443
SD-08	SM-01	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	363	679	1.011	1.023	765	3.839
SD-09	JA-13	1,37	159	0	0	0	0	0	0	519	1.560	2.172	2.407	1.837	1.171	9.826
SD-10	JA-15	0,30	32	0	0	0	0	0	0	34	308	583	726	591	411	2.685
SD-11	SM-03	2,49	0	0	0	0	0	0	0	602	2.537	3.856	4.818	3.591	2.345	17.750
SD-12	JA-12	0,75	11	0	0	0	0	0	0	158	800	1.225	1.488	1.087	683	5.452
SD-13	JA-14	1,11	52	0	0	0	0	0	0	217	1.193	1.791	2.142	1.581	1.010	7.987
SD-14	JA-02	0,53	0	0	0	0	0	0	0	94	521	735	927	700	499	3.476
SD-15	JA-53	1,60	391	0	0	0	0	0	0	516	1.664	2.117	2.356	2.097	1.538	10.679
SD-16	JA-06	1,51	129	0	0	0	0	0	0	768	2.119	2.729	2.870	2.238	1.389	12.242
SD-17	SM-09	1,34	189	0	0	0	0	0	0	838	2.200	3.001	3.626	2.710	1.676	14.241
SD-18	JA-42	0,97	95	0	0	0	0	0	0	493	1.170	1.598	1.826	1.489	1.006	7.677
SD-19	SM-02	3,25	417	0	0	0	0	0	0	1.621	4.697	6.224	7.372	5.826	4.409	30.567
SD-20	JA-18	2,16	25	0	0	0	0	0	0	571	2.368	3.403	3.804	2.750	1.545	14.467
SD-21	CE-14	0,58	0	0	0	0	0	0	0	223	637	1.011	1.165	787	322	4.144
SD-22	JA-20	3,77	536	0	0	0	0	0	0	566	3.952	5.189	6.200	5.174	3.994	25.610
SD-23	JA-50	1,33	301	0	0	0	0	0	0	447	1.324	2.130	2.430	2.107	1.454	10.193
SD-24	JA-46	1,92	0	0	0	0	0	0	0	1.643	3.808	6.086	7.334	5.488	2.600	26.959
SD-25	JA-72	2,04	68	0	0	0	0	0	0	674	2.369	4.068	4.630	3.499	1.819	17.127
SD-26	JA-11	3,11	344	0	0	0	0	0	0	514	3.261	4.424	5.340	4.341	3.234	21.457
SD-27	JA-47	2,35	374	0	0	0	0	0	0	902	2.638	3.751	4.235	3.306	1.714	16.919
SD-28	SM-04	1,51	0	0	0	0	0	0	0	435	1.843	2.840	3.590	2.383	1.037	12.127
SD-29	JA-07	1,50	355	0	0	0	0	0	0	359	1.713	2.239	2.622	2.210	1.708	11.206
SD-30	JA-73	2,59	111	0	0	0	0	0	0	1.766	5.786	8.273	10.460	7.372	3.707	37.475
SD-31	JA-59	2,59	0	0	0	0	0	0	0	366	2.616	4.392	5.125	3.329	1.612	17.439
SD-32	JA-17	2,73	386	0	0	0	0	0	0	1.443	4.002	6.464	7.871	6.083	3.956	30.204
SD-33	CE-15	0,73	277	0	0	0	0	0	0	628	1.244	1.568	1.710	1.448	1.091	7.967
SD-34	SM-06	1,72	405	0	0	0	0	0	0	410	1.956	2.557	2.995	2.524	1.951	12.797
SD-35	JA-76	1,03	220	0	0	0	0	0	36	613	1.188	1.545	1.509	1.248	742	7.101
SD-36	JA-22	4,92	0	0	0	0	0	0	0	1.160	5.159	7.631	8.014	5.476	2.261	29.700
SD-37	JA-08	4,10	583	0	0	0	0	0	0	616	4.301	5.647	6.746	5.630	4.346	27.868
SD-38	JA-51	2,62	383	0	0	0	0	0	0	1.444	3.358	6.926	8.221	6.868	4.431	31.631
SD-39	JA-79	0,66	0	0	0	0	0	0	0	107	751	1.423	2.347	1.533	515	6.675
SD-40	JA-21	0,91	22	0	0	0	0	0	0	100	886	1.333	1.582	1.149	717	5.789
SD-41	JA-03	0,66	0	0	0	0	0	0	0	59	647	1.361	2.265	1.471	661	6.463
SD-42	JA-75	2,81	114	0	0	0	0	0	0	749	3.082	4.275	4.616	3.395	1.555	17.787
SD-43	CE-09	1,05	0	0	0	0	0	0	0	337	1.020	1.612	1.880	1.272	509	6.630
SD-44	JA-01	1,84	0	0	0	0	0	0	0	260	1.547	2.809	4.067	2.816	1.480	12.978
SD-45	JA-33	0,53	0	0	0	0	0	0	0	218	558	800	862	647	259	3.343
SD-46	JA-48	0,70	27	0	0	0	0	0	0	315	817	1.483	1.750	1.413	876	6.683
SD-47	JA-28	1,04	0	0	0	0	0	0	0	146	1.003	1.607	1.944	1.349	770	6.819

**CUADRO 4.4.2 1**  
**SUPERFICIE REGADA CON 85% DE SEGURIDAD Y**  
**DEMANDAS BRUTAS TOTALES**

Sitio	ID	Sup. Regable 85% (ha)	Demandas Brutas (m <sup>3</sup> /mes)												
			Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
SD-48	CE-08	0,46	0	0	0	0	0	0	72	672	1.110	1.993	1.216	306	5.370
SD-49	JA-04	0,54	9	0	0	0	0	0	79	487	879	1.215	845	425	3.939
SD-50	JA-56	0,29	0	0	0	0	0	0	0	182	815	1.106	859	521	3.483
SD-51	JA-49	1,81	249	0	0	0	0	0	1.046	2.454	3.474	3.871	3.045	1.953	16.092
SD-52	JA-70	0,47	0	0	0	0	0	0	0	178	797	1.083	841	510	3.409
SD-53	SM-08	0,86	69	0	0	0	0	0	395	1.348	1.984	2.529	2.062	1.317	9.705
SD-54	JA-32	0,63	151	0	0	0	0	11	356	719	1.056	1.111	976	714	5.095
SD-55	CE-02	0,29	43	0	0	0	0	0	185	454	621	734	612	386	3.034
SD-56	JA-10	0,31	0	0	0	0	0	0	67	265	530	592	458	233	2.145
SD-57	CE-06	0,77	226	0	0	0	0	0	581	1.181	1.478	1.629	1.381	1.034	7.509
SD-58	JA-64	0,42	136	0	0	0	0	22	260	483	640	666	556	391	3.154
SD-59	JA-19	0,46	0	0	0	0	0	0	65	437	689	845	600	359	2.996
SD-60	JA-52	0,85	69	0	0	0	0	0	275	851	1.254	1.442	1.065	550	5.508

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO 5**

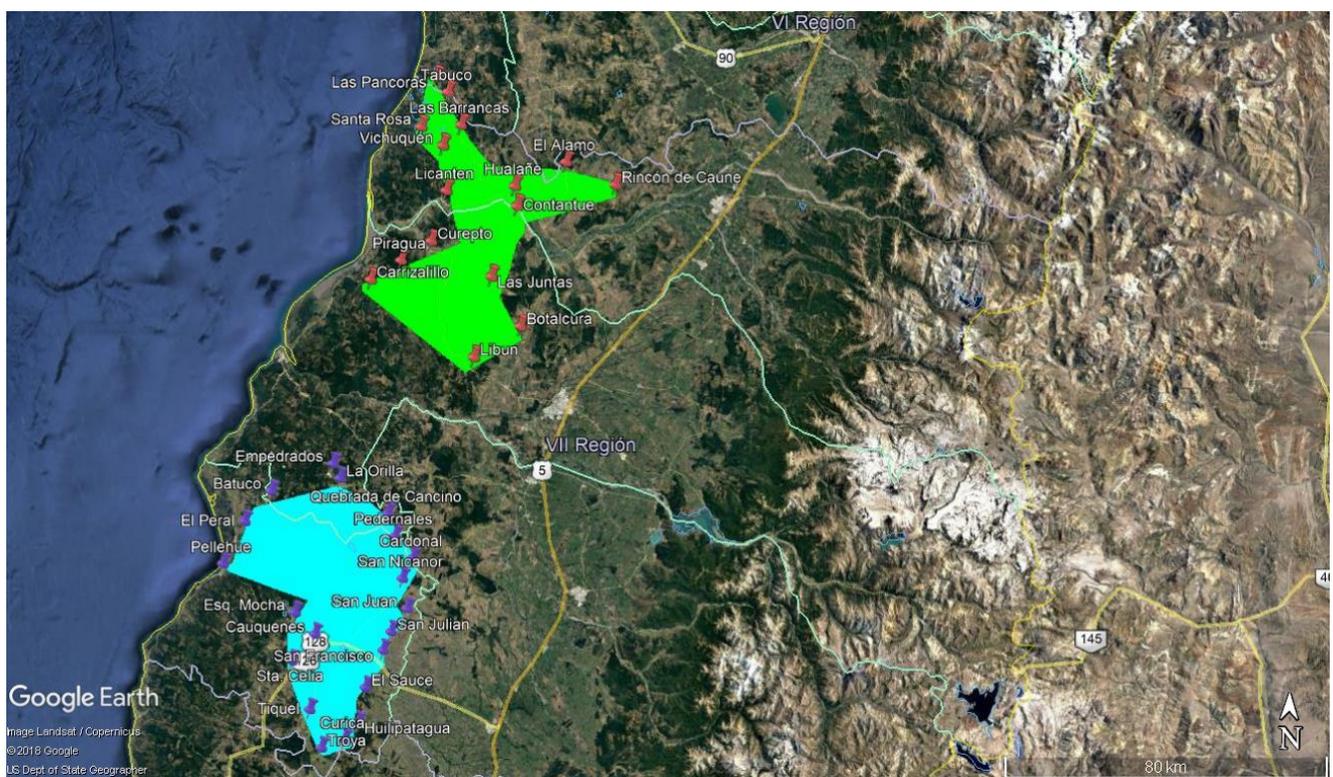
# **ESTUDIO GEOTÉCNICO**

## 5. ESTUDIO GEOTÉCNICO

### 5.1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo contiene un resumen de las prospecciones, ensayos geotécnicos y conclusiones referentes al estudio geotécnico de los sitios en análisis.

Los sitios se encuentran concentrados en dos áreas: en el sector norte de la región (hacia el poniente de Curicó) y en el sector sur de la región (cercanías de Cauquenes). En la Figura 5.1-1 se presentan ambas zonas.



**FIGURA 5.1-1: UBICACIÓN DEL PROYECTO**

Fuente: Elaboración Propia a partir de fotografía satelital.

En el sector norte, se emplazaron 27 microtranques, mientras que, en el sector sur, se emplazaron 33.

El objetivo de la campaña de prospecciones geotécnicas fue determinar las características de los suelos existentes en cada sitio y determinar las propiedades de resistencia para el posterior análisis del suelo de fundación de las obras y rellenos para la construcción de los muros. Para lo anterior, se realizó una campaña de terreno para la exploración de los suelos mediante la excavación y muestreo de 120 calicatas.

## **5.2. PROSPECCIONES Y ENSAYOS**

En cada uno de los 60 sitios de embalse seleccionados se consideró la excavación y muestreo de 2 calicatas: 1 de hasta 3 m. de profundidad en la zona del muro y 1 de hasta 2 m. de profundidad en la zona de empréstito (zona de inundación). En algunos casos las calicatas no lograron llegar a la profundidad establecida debido a la aparición de napa freática o suelo cementado no excavable por medios manuales o roca.

Desde cada una de las calicatas se obtuvieron muestras perturbadas y/o no perturbadas para la ejecución de ensayos geotécnicos en laboratorio. En general, los ensayos considerados fueron los siguientes:

### Calicata 3 m (muro)

- 1 Clasificación completa (incluye: granulometría, humedad, peso específico, límites de Atterberg y clasificación U.S.C.S.)
- 1 densidad
- 1 Infiltración Porchet al fondo del pozo

### Calicata 2 m (empréstito)

- 1 Clasificación completa (incluye: granulometría, humedad, peso específico, límites de Atterberg y clasificación U.S.C.S.)
- 1 Proctor
- 1 densidad

En el Cuadro 5.2-1 se entregan un resumen con la identificación, ubicación y profundidad de las calicatas ejecutadas, tanto en la zona norte de la región, como en la zona sur de ésta.

**CUADRO 5.2-1  
COORDENADAS CALICATAS EN 60 SITIOS DE EMBALSES**

Sitio	Id Ficha	Calicata	Ubicación	Profundidad (m)	Coordenadas		
					Este	Norte	Uso
SD-01	JA-05	JA-05-1	Muro	3,0	747.420	6.013.330	18H
		JA-05-2	Inundación	2,0	747.414	6.013.263	18H
SD-02	JA-81	JA-81-1	Muro	2,8 (filtraciones)	230.204	6.124.525	19H
		JA-81-2	Inundación	2,0	230.281	6.124.586	19H
SD-03	JA-23	JA-23-1	Muro	3,0	736.399	6.009.180	18H
		JA-23-2	Inundación	2,0	736.331	6.009.243	18H
SD-04	JA-16	JA-16-1	Muro	3,0	755.211	6.020.248	18H
		JA-16-2	Inundación	2,0	755.200	6.020.313	18H
SD-05	JA-40	JA-40-1	Muro	1,8 (napa)	772.102	6.153.855	18H
		JA-40-2	Inundación	2,0	772.017	6.153.767	18H
SD-06	JA-61	JA-61-1	Muro	3,0	761.055	6.045.232	18H
		JA-61-2	Inundación	2,0	761.087	6.045.309	18H
SD-07	JA-60	JA-60-1	Muro	2,4 (napa)	750.574	6.050.127	18H
		JA-60-2	Inundación	2,0	750.596	6.050.244	18H
SD-08	SM-01	SM-01-1	Muro	3,0	743.735	6.033.728	18H
		SM-01-2	Inundación	2,0	743.700	6.033.791	18H
SD-09	JA-13	JA-13-1	Muro	3,0	751.315	6.009.992	18H
		JA-13-2	Inundación	2,0	751.400	6.009.885	18H
SD-10	JA-15	JA-15-1	Muro	3,0	750.799	6.004.734	18H
		JA-15-2	Inundación	2,0	750.893	6.004.723	18H
SD-11	SM-03	SM-03-1	Muro	3,0	743.853	5.989.380	18H
		SM-03-2	Inundación	2,0	743.897	5.989.305	18H
SD-12	JA-12	JA-12-1	Muro	3,0	751.786	6.003.137	18H
		JA-12-2	Inundación	2,0	751.763	6.003.201	18H
SD-13	JA-14	JA-14-1	Muro	3,0	750.074	5.991.390	18H
		JA-14-2	Inundación	2,0	750.182	5.991.398	18H
SD-14	JA-02	JA-02-1	Muro	3,0	728.378	6.049.460	18H
		JA-02-2	Inundación	2,0	728.363	6.049.408	18H
SD-15	JA-53	JA-53-1	Muro	1,5 (napa)	237.072	6.133.652	19H
		JA-53-2	Inundación	1,8 (napa)	237.035	6.133.593	19H
SD-16	JA-06	JA-06-1	Muro	3,0	758.400	6.016.302	18H
		JA-06-2	Inundación	2,0	758.442	6.016.281	18H
SD-17	SM-09	SM-09-1	Muro	2,0 (napa)	247.556	6.091.429	19H
		SM-09-2	Inundación	1,7 (napa)	247.537	6.091.472	19H
SD-18	JA-42	JA-42-1	Muro	1,7 (napa)	233.365	6.114.659	19H
		JA-42-2	Inundación	1,5 (roca y napa)	233.407	6.114.558	19H
SD-19	SM-02	SM-02-1	Muro	3,0	751.306	6.003.410	18H
		SM-02-2	Inundación	2,0	751.391	6.003.421	18H
SD-20	JA-18	JA-18-1	Muro	2,8 (napa)	744.292	6.026.644	18H
		JA-18-2	Inundación	2,0	744.355	6.026.655	18H
SD-21	CE-14	CE-14-1	Muro	1,2 (napa y roca)	248.689	6.128.551	19H
		CE-14-2	Inundación	2,0	248.607	6.128.572	19H
SD-22	JA-20	JA-20-1	Muro	3,0	747.129	6.021.045	18H
		JA-20-2	Inundación	2,0	747.157	6.020.963	18H
SD-23	JA-50	JA-50-1	Muro	3,0	257.511	6.130.582	19H
		JA-50-2	Inundación	2,0	257.470	6.130.616	19H

**CUADRO 5.2-1  
COORDENADAS CALICATAS EN 60 SITIOS DE EMBALSES**

Sitio	Id Ficha	Calicata	Ubicación	Profundidad (m)	Coordenadas		
					Este	Norte	Uso
SD-24	JA-46	JA-46-1	Muro	1,0 (propietario no permite continuar)	269.457	6.127.922	19H
		JA-46-2	Inundación	1,0 (propietario no permite continuar)	269.505	6.127.979	19H
		JA-46-1A	Muro	1,8 (roca tenaz)	269.183	6.128.391	19H
		JA-46-2A	Inundación	1,5 (roca tenaz)	269.301	6.128.375	19H
SD-25	JA-72	JA-72-1	Muro	2,0 (cementado)	748.283	5.993.053	18H
		JA-72-2	Inundación	2,0	748.238	5.993.098	18H
SD-26	JA-11	JA-11-1	Muro	3,0	750.349	6.005.308	18H
		JA-11-2	Inundación	2,0	750.394	6.005.242	18H
SD-27	JA-47	JA-47-1	Muro	1,4 (clasto)	269.646	6.129.186	19H
		JA-47-2	Inundación	1,2 (clasto)	269.695	6.129.177	19H
SD-28	SM-04	SM-04-1	Muro	1,4 (roca)	745.584	5.993.650	18H
		SM-04-2	Inundación	2,0	745.642	5.993.663	18H
SD-29	JA-07	JA-07-1	Muro	3,0	767.728	6.034.788	18H
		JA-07-2	Inundación	2,0	767.691	6.034.725	18H
SD-30	JA-73	JA-73-1	Muro	3,0	758.546	6.011.474	18H
		JA-73-2	Inundación	2,0	758.610	6.011.563	18H
SD-31	JA-59	JA-59-1	Muro	3,0	748.594	6.054.473	18H
		JA-59-2	Inundación	2,0	748.573	6.054.400	18H
SD-32	JA-17	JA-17-1	Muro	3,0	764.184	6.021.484	18H
		JA-17-2	Inundación	2,0	764.130	6.021.455	18H
SD-33	CE-15	CE-15-1	Muro	1,8 (roca meteorizada)	255.615	6.122.534	19H
		CE-15-2	Inundación	1,4 (roca)	255.646	6.122.513	19H
SD-34	SM-06	SM-06-1	Muro	3,0	761.817	6.025.774	18H
		SM-06-2	Inundación	2,0	761.783	6.025.809	18H
SD-35	JA-76	JA-76-1	Muro	2,0 (cementado)	247.081	6.118.306	19H
		JA-76-2	Inundación	2,0	247.091	6.118.253	19H
SD-36	JA-22	JA-22-1	Muro	3,0	741.270	6.027.671	18H
		JA-22-2	Inundación	2,0	741.209	6.027.604	18H
SD-37	JA-08	JA-08-1	Muro	3,0	742.232	6.012.810	18H
		JA-08-2	Inundación	2,0	742.277	6.012.887	18H
SD-38	JA-51	JA-51-1	Muro	3,0	229.872	6.128.034	19H
		JA-51-2	Inundación	2,0	229.911	6.128.070	19H
SD-39	JA-79	JA-79-1	Muro	2,1 (napa)	234.310	6.137.191	19H
		JA-79-2	Inundación	2,0	234.290	6.137.140	19H
SD-40	JA-21	JA-21-1	Muro	3,0	735.720	6.018.673	18H
		JA-21-2	Inundación	2,0	735.675	6.018.633	18H
SD-41	JA-03	JA-03-1	Muro	1,5 (napa)	723.010	6.036.010	18H
		JA-03-2	Inundación	2,0	723.051	6.036.022	18H
SD-42	JA-75	JA-75-1	Muro	3,0	234.903	6.083.568	19H
		JA-75-2	Inundación	2,0	234.835	6.083.514	19H
SD-43	CE-09	CE-09-1	Muro	1,0 (napa)	245.314	6.115.301	19H
		CE-09-1A	Muro	3,0	245.309	6.115.297	19H
		CE-09-2	Inundación	1,5 (napa)	245.328	6.115.255	19H
SD-44	JA-01	JA-01-1	Muro	2,0 (cementado)	727.003	6.047.534	18H
		JA-01-2	Inundación	2,0	726.950	6.047.507	18H

**CUADRO 5.2-1  
COORDENADAS CALICATAS EN 60 SITIOS DE EMBALSES**

Sitio	Id Ficha	Calicata	Ubicación	Profundidad (m)	Coordenadas		
					Este	Norte	Uso
SD-45	JA-33	JA-33-1	Muro	3,0	227.199	6.134.370	19H
		JA-33-2	Inundación	2,0	227.196	6.134.327	19H
SD-46	JA-48	JA-48-1	Muro	3,0	256.766	6.132.366	19H
		JA-48-2	Inundación	2,0	256.797	6.132.326	19H
SD-47	JA-28	JA-28-1	Muro	3,0	744.187	6.030.978	18H
		JA-28-2	Inundación	2,0	744.165	6.031.026	18H
SD-48	CE-08	CE-08-1	Muro	2,0 (napa)	246.415	6.117.295	19H
		CE-08-2	Inundación	2,0	246.457	6.117.279	19H
SD-49	JA-04	JA-04-1	Muro	2,3 (napa)	721.119	6.034.920	18H
		JA-04-2	Inundación	2,0	721.183	6.034.936	18H
SD-50	JA-56	JA-56-1	Muro	2,0 (napa)	760.227	6.103.689	18H
		JA-56-2	Inundación	2,0	760.173	6.103.665	18H
SD-51	JA-49	JA-49-1	Muro	3,0	257.443	6.132.040	19H
		JA-49-2	Inundación	2,0	257.407	6.132.023	19H
SD-52	JA-70	JA-70-1	Muro	3,0	755.710	6.103.813	18H
		JA-70-2	Inundación	2,0	755.738	6.103.845	18H
SD-53	SM-08	SM-08-1	Muro	3,0	245.067	6.091.495	19H
		SM-08-2	Inundación	2,0	245.109	6.091.460	19H
SD-54	JA-32	JA-32-1	Muro	1,0 (roca)	226.989	6.129.854	19H
		JA-32-1A	Muro	1,7 (roca al fondo)	226.991	6.129.854	19H
		JA-32-2	Inundación	2,0	227.004	6.129.902	19H
SD-55	CE-02	CE-02-1	Muro	1,3 (roca)	242.264	6.106.700	19H
		CE-02-2	Inundación	2,0	242.257	6.106.659	19H
SD-56	JA-10	JA-10-1	Muro	1,6 (roca)	739.250	6.000.505	18H
		JA-10-2	Inundación	2,0	739.275	6.000.557	18H
SD-57	CE-06	CE-06-1	Muro	3,0	246.866	6.119.374	19H
		CE-06-1A	Muro	2,0 (cementado)	246.853	6.119.382	19H
		CE-06-2	Inundación	2,0	246.917	6.119.299	19H
SD-58	JA-64	JA-64-1	Muro	3,0	769.169	6.139.880	18H
		JA-64-2	Inundación	2,0	769.179	6.139.852	18H
SD-59	JA-19	JA-19-1	Muro	3,0	743.353	6.025.587	18H
		JA-19-2	Inundación	2,0	743.358	6.025.627	18H
SD-60	JA-52	JA-52-1	Muro	3,0	233.988	6.136.837	19H
		JA-52-2	Inundación	2,0	234.013	6.136.867	19H

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

En cada calicata se efectuó una descripción estratigráfica de los estratos visualizados cuyos resultados se muestran de manera resumida en Figura 5.3-1 y Figura 5.3-2.

Los resultados de los ensayos de laboratorio se resumen en el Cuadro 5.3-1.

Los informes de ensayos (Anexo 5-1) son los siguientes:

- Informe N° 117.616 emitido por Laboratorio Tecnolab Ltda.
- Informe N° 117.718 emitido por Laboratorio Tecnolab Ltda.
- Informe N° 117.757 emitido por Laboratorio Tecnolab Ltda.
- Informe N° 117.898 emitido por Laboratorio Tecnolab Ltda.
- Informe N° 117.901 emitido por Laboratorio Tecnolab Ltda.
- Informe N° 117.930 emitido por Laboratorio Tecnolab Ltda.
- Informe N° 118.107 emitido por Laboratorio Tecnolab Ltda.
- Informe N° 118.168 emitido por Laboratorio Tecnolab Ltda.
- Informe N° 118.317 emitido por Laboratorio Tecnolab Ltda.
- Informe N° 118.318 emitido por Laboratorio Tecnolab Ltda.
- Informe N° 118.746 emitido por Laboratorio Tecnolab Ltda.
- Informe N° 119.125 emitido por Laboratorio Tecnolab Ltda.

**CUADRO 5.3-1  
RESUMEN RESULTADOS DE ENSAYOS INFORMES**

Sitio	Id_Ficha	Calicata	Ubicación	Profundidad Alcanzada (m)	Cota Muestra (m)	Resultados Informes de Ensayos emitidos por Laboratorio Tecnolab Ltda.									
						Clasificación U.S.C.S.	LL e IP		Peso Específico (t/m³)	Humedad natural (%)	Proctor (t/m³) vs Humedad óptima (%)		Densidad natural seca (t/m³)	Porchet (mm/h)	N° Informe de Ensayos
SD-01	JA-05	JA-05-1	Muro	3	1,50-2,00	CL	32	16	2,679	10,5	---		2,078	1,0	117616
		JA-05-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	24	11	2,671	8,2	1,99	10	1,882	---	117616
SD-02	JA-81	JA-81-1	Muro	2,8 (filtraciones)	1,50-1,70	SC	32	9	2,622	14,5	---		1,857	---	118317
		JA-81-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	33	14	2,617	16,1	1,91	12,3	1,595	---	118317
SD-03	JA-23	JA-23-1	Muro	3	1,50-1,70	SM	14	NP	2,617	11,4	---		1,987	---	117718
		JA-23-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	13	NP	2,591	2,8	2,02	7,1	1,724	---	117718
SD-04	JA-16	JA-16-1	Muro	3	2,40-2,60	SP-SM	25	NP	2,665	5,5	---		2,262	2,0	117757
		JA-16-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	19	NP	2,628	3,2	2,01	7,8	1,546	---	117757
SD-05	JA-40	JA-40-1	Muro	1,8 (napa)	1,40-1,60	SC	27	12	2,66	25,6	---		---	---	118317
		JA-40-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	29	14	2,602	19,4	1,83	14,3	1,715	---	118317
SD-06	JA-61	JA-61-1	Muro	3	1,50-1,70	SM	20	NP	2,635	5,2	---		1,848	2,0	117898
		JA-61-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	21	9	2,621	7,4	2,03	9,2	1,642	---	117898
SD-07	JA-60	JA-60-1	Muro	2,4 (napa)	1,50-1,70	SC	28	10	2,65	15,2	---		---	---	117898
		JA-60-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	28	13	2,645	7,9	1,97	11,1	1,682	---	117898
SD-08	SM-01	SM-01-1	Muro	3	1,50-1,70	SC	29	12	2,665	14	---		1,622	13,0	117901
		SM-01-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	34	10	2,64	15,6	1,92	13,9	1,604	---	117901
SD-09	JA-13	JA-13-1	Muro	3	1,00-1,20	SM	19	NP	2,676	3,9	---		1,928	8,0	117616
		JA-13-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	18	NP	2,675	5,3	2,03	8,3	1,843	---	117616

**CUADRO 5.3-1  
RESUMEN RESULTADOS DE ENSAYOS INFORMES**

Sitio	Id_Ficha	Calicata	Ubicación	Profundidad Alcanzada (m)	Cota Muestra (m)	Resultados Informes de Ensayos emitidos por Laboratorio Tecnolab Ltda.									
						Clasificación U.S.C.S.	LL e IP		Peso Específico (t/m³)	Humedad natural (%)	Proctor (t/m³) vs Humedad óptima (%)		Densidad natural seca (t/m³)	Porchet (mm/h)	N° Informe de Ensayos
SD-10	JA-15	JA-15-1	Muro	3	1,60-2,00	SC-SM	19	6	2,638	13,3	---		1,748	24,0	117616
		JA-15-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	22	NP	2,616	2,2	1,98	9,1	2,051	---	117616
SD-11	SM-03	SM-03-1	Muro	3	1,50-1,70	CL	33	15	2,566	14,5	---		1,633	0,0	117757
		SM-03-2	Inundación	2	1,00-1,20	GC	31	12	2,693	10,4	1,99	9,2	2,024	---	117757
SD-12	JA-12	JA-12-1	Muro	3	1,70-1,90	GC	38	18	2,669	9,6	---		1,85	4,0	117718
		JA-12-2	Inundación	2	1,00-1,20	GW-GC	30	12	2,712	5,1	2,33	5,9	2,06	---	117616
SD-13	JA-14	JA-14-1	Muro	3	1,50-1,70	SC	30	13	2,66	12,6	---		1,43	2,0	117757
		JA-14-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	30	14	2,562	10,7	1,91	13,3	2,05	---	117757
SD-14	JA-02	JA-02-1	Muro	3	1,50-1,70	SM	24	NP	2,669	13,2	---		1,659	0,0	117930
		JA-02-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	27	NP	2,644	18,6	1,88	14,8	1,532	---	117930
SD-15	JA-53	JA-53-1	Muro	1,5 (napa)	1,30-1,50	SC SM	19	7	2,648	7,9	---		---	---	118318
		JA-53-2	Inundación	1,8 (napa)	1,00-1,20	SC SM	18	7	2,655	5,7	2,13	6,3	---	---	118318
SD-16	JA-06	JA-06-1	Muro	3	1,50-1,70	SC-SM	27	6	2,647	10,6	---		1,889	2,0	117718
		JA-06-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	29	10	2,686	6,9	1,93	10,6	1,886	---	117718
SD-17	SM-09	SM-09-1	Muro	2,0 (napa)	1,50-1,70	ML	26	NP	2,651	22,2	---		1,211	---	118107
		SM-09-2	Inundación	1,7 (napa)	1,00-1,20	SC	22	10	2,64	16,2	2,03	9,9	1,659	---	118107
SD-18	JA-42	JA-42-1	Muro	1,7 (napa)	1,00-1,70	SC	25	9	2,697	17,3	---		---	---	118107
		JA-42-2	Inundación	1,5 (roca y napa)	1,00-1,50	GC	26	10	2,698	6,6	2,09	8,8	---	---	118107
SD-19	SM-02	SM-02-1	Muro	3	1,40-2,00	GC	23	10	2,685	6,4	---		2,06	2,0	117616
		SM-02-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	24	10	2,642	7,1	2,13	8	1,891	---	117616
SD-20	JA-18	JA-18-1	Muro	2,8 (napa)	1,50-1,70	CL	31	9	2,602	14	---		1,493	---	117901
		JA-18-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	35	17	2,627	9,3	1,96	10,1	1,664	---	117901

**CUADRO 5.3-1  
RESUMEN RESULTADOS DE ENSAYOS INFORMES**

Sitio	Id_Ficha	Calicata	Ubicación	Profundidad Alcanzada (m)	Cota Muestra (m)	Resultados Informes de Ensayos emitidos por Laboratorio Tecnolab Ltda.										
						Clasificación U.S.C.S.	LL e IP		Peso Específico (t/m³)	Humedad natural (%)	Proctor (t/m³) vs Humedad óptima (%)		Densidad natural seca (t/m³)	Porchet (mm/h)	N° Informe de Ensayos	
SD-21	CE-14	CE-14-1	Muro	1,2 (napa y roca)	0,00-0,80	GC	33	10	2,658	13,7	---		---	---	118168	
		CE-14-2	Inundación	2	1,00-1,20	ML	47	20	2,622	26,8	1,66	22	1,579	---	118168	
SD-22	JA-20	JA-20-1	Muro	3	1,50-1,70	SC	22	10	2,601	12,4	---		1,832	0,0	117718	
		JA-20-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC-SM	16	6	2,6	6,6	2,09	8,7	1,904	---	117718	
SD-23	JA-50	JA-50-1	Muro	3	1,50-1,70	GC	24	10	2,714	11	---		1,896	9,0	118318	
		JA-50-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	22	8	2,658	11,2	1,94	11,2	1,815	---	118318	
SD-24	JA-46	JA-46-1	Muro	1,0 (propietario no permite continuar)	No se pudo finalizar la excavación ni muestreo de las calicatas debido a que el propietario del sitio no lo permitió. Se realizan nuevas calicatas las que se identifican como JA-46-1A y JA-46-2A.											
		JA-46-2	Muro	1,0 (propietario no permite continuar)												
		JA-46-1A	Muro	1,8 (roca tenaz)		1,40-1,80	MH	53	17	2,555	37,4	---		1,322	2,0	119125
		JA-46-2A	Inundación	1,5 (roca tenaz)		1,00-1,20	CL	31	9	2,576	19,9	1,77	11	1,679	---	119125
SD-25	JA-72	JA-72-1	Muro	2,0 (cementado)	1,50-1,70	CL	28	8	2,566	17,2	---		2,042	0,0	117901	
		JA-72-2	Inundación	2	1,00-1,20	CH	57	28	2,552	26,2	1,67	19,9	1,552	---	117901	
SD-26	JA-11	JA-11-1	Muro	3	2,20-2,50	SC	23	11	2,669	9,6	---		1,826	21,0	117616	
		JA-11-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	29	15	2,647	10,2	1,92	11,7	1,836	---	117616	
SD-27	JA-47	JA-47-1	Muro	1,4 (clasto)	1,00-1,40	GC	35	19	2,698	13,8	---		1,636	5,0	118318	
		JA-47-2	Inundación	1,2 (clasto)	0,80-1,00	CL	44	25	2,558	24,3	1,8	14,7	1,582	---	118318	
SD-28	SM-04	SM-04-1	Muro	1,4 (roca)	1,10-1,40	GP-GC	26	12	2,678	5,6	---		---	---	117757	
		SM-04-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	47	27	2,601	15,8	1,8	14,6	1,635	---	117757	
SD-29	JA-07	JA-07-1	Muro	3	1,00-1,20	GM	40	14	2,651	10,4	---		1,88	4,0	117898	
		JA-07-2	Inundación	2	1,10-1,30	GC	38	14	2,671	12,4	1,93	10,8	1,872	---	117898	

**CUADRO 5.3-1  
RESUMEN RESULTADOS DE ENSAYOS INFORMES**

Sitio	Id_Ficha	Calicata	Ubicación	Profundidad Alcanzada (m)	Cota Muestra (m)	Resultados Informes de Ensayos emitidos por Laboratorio Tecnolab Ltda.									
						Clasificación U.S.C.S.	LL e IP		Peso Específico (t/m³)	Humedad natural (%)	Proctor (t/m³) vs Humedad óptima (%)		Densidad natural seca (t/m³)	Porchet (mm/h)	N° Informe de Ensayos
SD-30	JA-73	JA-73-1	Muro	3	1,50-1,70	CL	25	13	2,58	7,7	---		1,783	2,0	117718
		JA-73-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL-ML	26	6	2,558	14,5	1,74	16,6	1,811	---	117718
SD-31	JA-59	JA-59-1	Muro	3	1,60-1,80	SC	27	10	2,675	18	---		1,507	2,0	117898
		JA-59-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	32	14	2,612	13,5	1,89	12,6	1,585	---	117898
SD-32	JA-17	JA-17-1	Muro	3	1,50-1,70	SM	23	NP	2,644	9	---		1,503	4,0	117898
		JA-17-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	25	NP	2,576	19,1	1,75	15,8	1,308	---	117898
SD-33	CE-15	CE-15-1	Muro	1,8 (roca meteorizada)	1,50-1,70	SC SM	21	6	2,639	4,7	---		2,424 (Roca meteorizada)	0,0	118318
		CE-15-2	Inundación	1,4 (roca)	1,00-1,20	CL	45	28	2,604	21,9	1,79	16	1,65	---	118318
SD-34	SM-06	SM-06-1	Muro	3	1,50-1,70	SC	30	13	2,589	10,3	---		1,613	4,0	117898
		SM-06-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	26	10	2,59	12,9	1,79	15,3	1,675	---	117898
SD-35	JA-76	JA-76-1	Muro	2,0 (cementado)	1,50-1,70	GC	28	8	2,672	11,4	---		1,942	0,0	118168
		JA-76-2	Inundación	2	1,00-1,20	GC	30	11	2,649	12,4	1,94	11,6	1,923	---	118168
SD-36	JA-22	JA-22-1	Muro	3	1,60-1,80	SC	26	11	2,663	22,4	---		1,787	4,0	117901
		JA-22-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	39	15	2,616	12,8	1,92	11,8	1,464	---	117901
SD-37	JA-08	JA-08-1	Muro	3	1,00-1,20	SC-SM	16	5	2,676	3,2	---		1,848	0,0	117616
		JA-08-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	23	12	2,692	7,2	2,07	11	1,965	---	117616
SD-38	JA-51	JA-51-1	Muro	3	1,50-1,70	SC	23	9	2,615	20,6	---		1,36	---	118317
		JA-51-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	26	11	2,667	33,6	1,96	11,5	1,892	---	118317
SD-39	JA-79	JA-79-1	Muro	2,1 (napa)	1,50-1,70	SC	32	12	2,6	12,7	---		1,656	---	118317
		JA-79-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	33	10	2,634	12,3	2	10,1	1,64	---	118317

**CUADRO 5.3-1  
RESUMEN RESULTADOS DE ENSAYOS INFORMES**

Sitio	Id_Ficha	Calicata	Ubicación	Profundidad Alcanzada (m)	Cota Muestra (m)	Resultados Informes de Ensayos emitidos por Laboratorio Tecnolab Ltda.									
						Clasificación U.S.C.S.	LL e IP		Peso Específico (t/m³)	Humedad natural (%)	Proctor (t/m³) vs Humedad óptima (%)		Densidad natural seca (t/m³)	Porchet (mm/h)	N° Informe de Ensayos
SD-40	JA-21	JA-21-1	Muro	3	1,50-1,70	CL	39	15	2,579	25,5	---		1,665	2,0	117718
		JA-21-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	29	11	2,616	8,9	1,92	12,6	1,813	---	117718
SD-41	JA-03	JA-03-1	Muro	1,5 (napa)	1,00-1,20	CL	30	11	2,853	39,7	---		1,349	---	117930
		JA-03-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	28	10	2,556	37	1,81	16,5	1,391	---	117930
SD-42	JA-75	JA-75-1	Muro	3	1,50-1,70	SC	33	15	2,626	9,7	---		1,422	0,0	118107
		JA-75-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	27	NP	2,657	5,4	1,99	10,4	1,377	---	118107
SD-43	CE-09	CE-09-1	Muro	1,0 (napa)	Debido a la aparición de napa a 1,0 m. el laboratorista decide moverse unos metros para comenzar una nueva calicata, la que se denominó CE-09-1A.										
		CE-09-1A	Muro	3	1,50-1,70	ML	46	15	2,57	45,2	---		1,12	8,0	118168
		CE-09-2	Inundación	1,5 (napa)	1,00-1,20	GC	25	8	2,696	13,7	2,22	7,1	---	---	118168
SD-44	JA-01	JA-01-1	Muro	2,0 (cementado)	1,50-1,70	SC	27	8	2,625	29,5	---		1,660	---	117930
		JA-01-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	27	NP	2,64	20,9	1,83	15,3	1,427	---	117930
SD-45	JA-33	JA-33-1	Muro	3	1,50-1,7	SC	22	8	2,685	14,2	---		1,790	4,0	118317
		JA-33-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	29	13	2,573	13,5	1,91	13,1	1,712	---	118317
SD-46	JA-48	JA-48-1	Muro	3	1,50-1,70	CL	25	12	2,594	15,9	---		1,733	13,0	118318
		JA-48-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	23	9	2,571	9,5	1,95	10,8	1,693	---	118318
SD-47	JA-28	JA-28-1	Muro	3	1,50-1,70	SC	35	14	2,676	34,2	---		1,627	0,0	117901
		JA-28-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	25	9	2,652	7,8	2,04	9,8	1,677	---	117901
SD-48	CE-08	CE-08-1	Muro	2,0 (napa)	1,50-2,00	GC	34	13	2,713	13,4	---		No se realiza por filtraciones y sobretamaño		118168
		CE-08-2	Inundación	2	1,00-1,20	GC	34	11	2,658	22,2	1,83	11,4	1,817	---	118168
SD-49	JA-04	JA-04-1	Muro	2,3 (napa)	1,50-1,70	SC	27	12	2,696	14,2	---		1,676	---	117901
		JA-04-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	15	NP	2,69	7,6	2,09	10,6	1,676	---	117901

**CUADRO 5.3-1  
RESUMEN RESULTADOS DE ENSAYOS INFORMES**

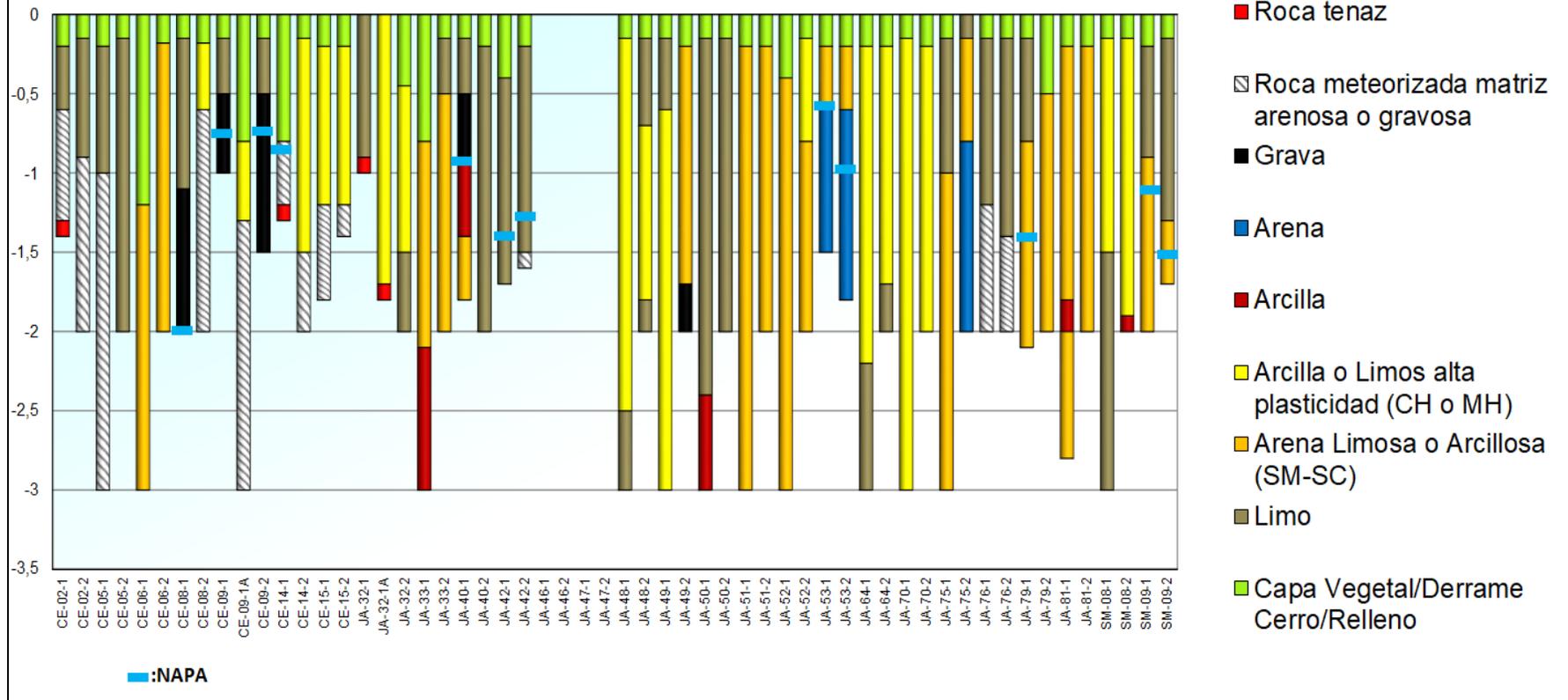
Sitio	Id_Ficha	Calicata	Ubicación	Profundidad Alcanzada (m)	Cota Muestra (m)	Resultados Informes de Ensayos emitidos por Laboratorio Tecnolab Ltda.									
						Clasificación U.S.C.S.	LL e IP		Peso Específico (t/m³)	Humedad natural (%)	Proctor (t/m³) vs Humedad óptima (%)		Densidad natural seca (t/m³)	Porchet (mm/h)	N° Informe de Ensayos
SD-50	JA-56	JA-56-1	Muro	2,0 (napa)	1,00-1,20	SM	22	NP	2,629	22,6	---		1,779	---	118746
		JA-56-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	27	5	2,698	18,4	1,93	11,9	1,462	---	118746
SD-51	JA-49	JA-49-1	Muro	3	1,50-1,70	CL	27	13	2,573	15,8	---		1,660	13,0	118318
		JA-49-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	21	NP	2,631	12	2,06	9,2	1,422	---	118318
SD-52	JA-70	JA-70-1	Muro	3	1,50-1,70	MH	50	19	2,626	35,8	---		1,411	9,0	118317
		JA-70-2	Inundación	2	1,00-1,20	ML	44	15	2,649	33,8	1,58	24,8	1,408	---	118317
SD-53	SM-08	SM-08-1	Muro	3	1,50-1,70	CH	50	25	2,554	21,4	---		1,538	9,0	118107
		SM-08-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	37	20	2,568	23,3	1,84	13,1	1,708	---	118107
SD-54	JA-32	JA-32-1	Muro	1,0 (roca)	Debido a la aparición de roca a 1,0 m. el laboratorista decide moverse unos metros para comenzar una nueva calicata, la que se denominó JA-32-1A.										
		JA-32-1A	Muro	1,7 (roca al fondo)	1,40-1,70	SC	38	17	2,66	27,6	---		1,355	---	118317
		JA-32-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	29	12	2,59	18,5	1,93	11,7	1,813	---	118317
SD-55	CE-02	CE-02-1	Muro	1,3 (roca)	0,90-1,30	SC	26	10	2,687	3,6	---		No se realiza por aparición de roca	---	118107
		CE-02-2	Inundación	2	1,00-1,20	GC	30	13	2,683	7,2	1,94	11,1		---	118107
SD-56	JA-10	JA-10-1	Muro	1,6 (roca)	1,00-1,50	GP-GC	27	11	2,681	4,3	---		---	14,0	117757
		JA-10-2	Inundación	2	1,00-1,20	GC	30	12	2,66	7,9	1,95	10,1	1,769	---	117757
SD-57	CE-06	CE-06-1	Muro	3	1,50-1,70	SC-SM	18	6	2,616	8,3	---	0	1,937	4,0	118107
		CE-06-1A	Muro	2,0 (cementado)	1,50-1,70	SM	26	NP	2,617	12,3	---	0	1,85	7,0	118746
		CE-06-2	Inundación	2	1,00-1,20	SM	26	NP	2,623	14,4	1,85	13	1,475	---	118107
SD-58	JA-64	JA-64-1	Muro	3	1,50-1,70	GC	40	15	2,703	19,2	---		1,606	4,0	118317
		JA-64-2	Inundación	2	1,00-1,20	CL	29	11	2,585	18,1	1,89	13,6	1,735	---	118317
SD-59	JA-19	JA-19-1	Muro	3	1,50-1,70	SM	24	NP	2,627	44,8	---		1,831	0,0	117901
		JA-19-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	25	10	2,615	10,5	2	9	1,699	---	117901

**CUADRO 5.3-1  
RESUMEN RESULTADOS DE ENSAYOS INFORMES**

Sitio	Id_Ficha	Calicata	Ubicación	Profundidad Alcanzada (m)	Cota Muestra (m)	Resultados Informes de Ensayos emitidos por Laboratorio Tecnolab Ltda.									
						Clasificación U.S.C.S.	LL e IP		Peso Específico (t/m³)	Humedad natural (%)	Proctor (t/m³) vs Humedad óptima (%)		Densidad natural seca (t/m³)	Porchet (mm/h)	N° Informe de Ensayos
SD-60	JA-52	JA-52-1	Muro	3	1,50-1,70	SC	32	14	2,709	10,5	---		1,781	4,0	118317
		JA-52-2	Inundación	2	1,00-1,20	SC	37	15	2,652	8,7	1,93	11,5	1,749	---	118317

Fuente: Elaboración propia según los informes de laboratorio.

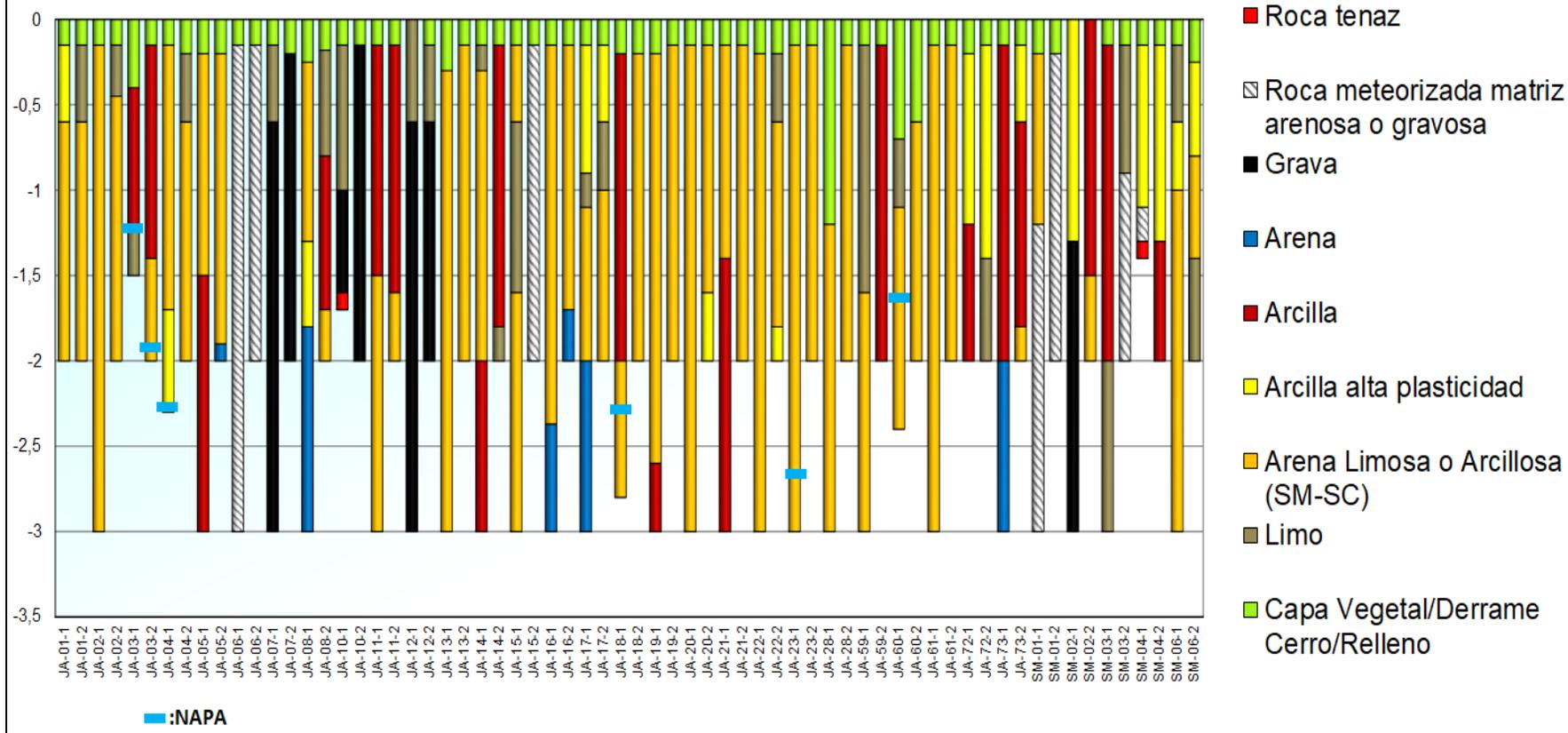
**Perfiles estratigráficos Calicatas en sitios de embalses ubicados en el sector Norte de la VII Región"**



**FIGURA 5.3-1: PERFILES ESTRATIGRÁFICOS CALICATAS SECTOR NORTE DE LA REGIÓN DEL MAULE**

Fuente: Elaboración Propia a partir de la inspección visual de las calicatas.

**Perfiles estratigráficos Calicatas en sitios de embalses ubicados en el sector Sur de la VII Región"**



**FIGURA 5.3-2: PERFILES ESTRATIGRÁFICOS CALICATAS SECTOR SUR DE LA REGIÓN DEL MAULE**

Fuente: Elaboración Propia a partir de la inspección visual de las calicatas.

#### 5.4. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO

Para el diseño de los microtranques se requieren los siguientes parámetros:

- Parámetros geotécnicos del suelo de fundación de los microtranques. En el Cuadro 5.4-1 (Anexo 5-2) se entrega el ángulo de fricción, la cohesión y el peso unitario seco (densidad natural) del suelo de fundación de cada muro. Se hace notar que, para algunos microtranques, el suelo de fundación considera más de un estrato con propiedades diversas.
- Parámetros geotécnicos del material de muro (material proveniente de la zona de empréstito o inundación). En el Cuadro 5.4-2 (Anexo 5-2) se entrega el ángulo de fricción, la cohesión y la densidad seca (densidad mín.) del relleno que conformará cada muro.
- Parámetros para el análisis de estabilidad de taludes caso pseudo-estático. Los sitios en estudios se encuentran en la zona sísmica «sis», lo que se representa con una aceleración efectiva de «Ao». Considerando la fórmula establecida por Saragoni (1993), se obtiene un coeficiente sísmico  $K_h$  igual a «Kh».

La fórmula de Saragoni (1993) considerada es la siguiente:

$$K_h = 0,30 * A_{máx}/g \quad \text{Si } A_{máx} \leq 6,6 \text{ m/s}^2$$

$$K_h = 0,22 * (A_{máx}/g)^{0,33} \quad \text{Si } A_{máx} > 6,6 \text{ m/s}^2$$

**CUADRO 5.4-1**  
**PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE**  
**SUELO FUNDACIÓN MURO DE LOS MICROTRANQUES**

Sitio	Id_ficha	Tipo Suelo	Df (m)	Ángulo Fricción (°)	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad Natural Seca (t/m <sup>3</sup> )	Densidad Saturada (t/m <sup>3</sup> )	Napa (m)	Calicata
			Prof. Mín. Sello Fundación						
SD-01	JA-05	Arena limosa/Arcilla CL	0,5	32 / 15	0 / 0,25	2,078	2,302	No se observó	JA-05-1
SD-02	JA-81	Arena arcillosa SC	0,5	28	0,05 (matriz fina)	1,857	2,149	Filtraciones	JA-81-1
SD-03	JA-23	Arena limosa SM	0,5	32	0	1,987	2,228	2,7	JA-23-1
SD-04	JA-16	Arena SP-SM	0,5	35	0	2,262	2,413	No se observó	JA-16-1
SD-05	JA-40	Grava/Arcilla/Arena arcillosa SC	0,5	40 / 15 / 28	0,05 / 0,25 / 0,05	No se realiza por aparición de napa		0,9	JA-40-1
SD-06	JA-61	Arena limosa SM	0,5	32	0	1,848	2,147	No se observó	JA-61-1
SD-07	JA-60	Limo arenoso/Arena arcillosa SC	0,5	28/28	0/0,05 (matriz fina)	No se realiza por aparición de napa		1,6	JA-60-1
SD-08	SM-01	Arena limosa SM	0,6	32	0	1,622	2,013	No se observó	SM-01-1
SD-09	JA-13	Arena limosa SM (Df=0,5m,)	0,5	32	0	1,928	2,208	No se observó	JA-13-1
SD-10	JA-15	Arena arcillo limosa SC-SM	0,5	28	0,05 (matriz fina)	1,748	2,085	No se observó	JA-15-1
SD-11	SM-03	Arcilla arenosa CL	0,6	15	0,25	1,633	1,997	No se observó	SM-03-1
SD-12	JA-12	Grava arcillosa GC	0,6	38	0,05	1,85	2,157	No se observó	JA-12-1
SD-13	JA-14	Arena arcillosa SC	0,5	28	0,05 (matriz fina)	1,43	1,892	No se observó	JA-14-1
SD-14	JA-02	Arena limosa SM	0,5	32	0	1,659	2,037	No se observó	JA-02-1
SD-15	JA-53	Arena arcillo limosa SC-SM	0,5	28	0,05 (matriz fina)	No se realiza por aparición de napa		0,6	JA-53-1
SD-16	JA-06	Roca meteorizada SC-SM	0,5	40	0,08	1,889	2,175	No se observó	JA-06-1
SD-17	SM-09	Limo ML	0,5	28	0	1,211	1,754	1,1	SM-09-1

**CUADRO 5.4-1**  
**PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE**  
**SUELO FUNDACIÓN MURO DE LOS MICROTRANQUES**

Sitio	Id_ficha	Tipo Suelo	Df (m)	Ángulo Fricción (°)	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad Natural Seca (t/m <sup>3</sup> )	Densidad Saturada (t/m <sup>3</sup> )	Napa (m)	Calicata
			Prof. Mín. Sello Fundación						
SD-18	JA-42	Arena Arcillosa SC	0,5	28	0,05 (matriz fina)	No se realiza por aparición de napa		1,4	JA-42-1
SD-19	SM-02	Grava arcillosa GC	1,3	38	0,05	2,06	2,293	No se observó	SM-02-1
SD-20	JA-18	Arcilla CL	0,5	15	0,25	1,493	1,919	2,3	JA-18-1
SD-21	CE-14	Roca meteorizada (afloramiento rocoso)	0,8	42	0,1	No se realiza por aparición de roca y napa		0,8	CE-14-1
SD-22	JA-20	Arena arcillosa SC	0,5	28	0,05 (matriz fina)	1,832	2,128	No se observó	JA-20-1
SD-23	JA-50	Grava arcillosa GC/Arcilla	0,5	38 / 15	0,05 (matriz fina) / 0,25	1,896	2,197	No se observó	JA-50-1
SD-24	JA-46	No se pudo finalizar la excavación ni muestreo de las calicatas en este punto debido a que el propietario del sitio no lo permitió. Se hacen nuevas calicatas identificadas como JA-46-1A y JA-46-2A							JA-46-1
		Roca Tenaz al Corte (roca detectada bajo los 1,80 m.) El material existente entre 0,0 y 1,80 m. es de alta plasticidad, por lo tanto, no es apto para apoyar el muro	1,8	45	1	No se realiza por aparición de roca		No se observó	JA-46-1A
SD-25	JA-72	Arcilla arenosa CL	1,2	15	0,25	2,042	2,246	No se observó	JA-72-1
SD-26	JA-11	Arcilla/Arena arcillosa SC	0,5	15 / 28	0,25 / 0,05 (matriz fina)	1,826	2,142	No se observó	JA-11-1
SD-27	JA-47	Grava arcillosa GC	0,9	38	0,05	1,636	2,030	No se observó	JA-47-1
SD-28	SM-04	Roca fracturada GP	1,1	42	0,1	No se realiza por aparición de roca		No se observó	SM-04-1
SD-29	JA-07	Grava limosa GM	0,6	40	0,05 (trabazón mecánica)	1,88	2,171	No se observó	JA-07-1
SD-30	JA-73	Arcilla arenosa CL	0,5	15	0,25	1,783	2,092	No se observó	JA-73-1

**CUADRO 5.4-1**  
**PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE**  
**SUELO FUNDACIÓN MURO DE LOS MICROTRANQUES**

Sitio	Id_ficha	Tipo Suelo	Df (m)	Ángulo Fricción (°)	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad Natural Seca (t/m <sup>3</sup> )	Densidad Saturada (t/m <sup>3</sup> )	Napa (m)	Calicata
			Prof. Mín. Sello Fundación						
SD-31	JA-59	Limo arenoso/Arena arcillosa SC	0,5	28/28	0/0,05 (matriz fina)	1,507	1,944	No se observó	JA-59-1
SD-32	JA-17	Arena limosa SM	1,1	32	0	1,503	1,935	No se observó	JA-17-1
SD-33	CE-15	Roca meteorizada SC-SM	1,2	42	0,1	2,424 (Roca meteorizada)	2,505	No se observó	CE-15-1
SD-34	SM-06	Arena arcillosa SC	1	28	0,05 (matriz fina)	1,613	1,990	No se observó	SM-06-1
SD-35	JA-76	Limo arenoso/Roca meteorizada GC	0,5	28/42	0/0,1	1,942	2,215	No se observó	JA-76-1
SD-36	JA-22	Arena arcillosa SC	0,5	28	0,05 (matriz fina)	1,787	2,116	No se observó	JA-22-1
SD-37	JA-08	Arena arcillo limosa SC-SM	0,5	28	0,05 (matriz fina)	1,848	2,157	No se observó	JA-08-1
SD-38	JA-51	Arena arcillosa SC (Suelo muy saturado e inestable)	El suelo explorado, hasta la profundidad excavada, no es apto para fundar el embalse. El material se encuentra saturado y muy inestable, lo que podría generar deformaciones importantes en el muro. Se recomienda realizar mayores análisis del suelo mediante la ejecución de ensayos específicos, calicatas más profundas y/o sondajes, perfiles geofísicos ,etc.			1,36	1,840	SUELO SATURADO	JA-51-1
SD-39	JA-79	Limo arenoso y Arenas limosas y arcillosas	0,5	28 / 32	0 / 0	1.656	2,019	1.4	JA-79-1
SD-40	JA-21	Arena limosa/Arcilla CL	0,5	32 / 15	0 / 0,25	1.665	2,019	No se observó	JA-21-1
SD-41	JA-03	Arcilla CL	0,5	15	0,25	1.349	1,876	1.2	JA-03-1
SD-42	JA-75	Limo arcilloso/Arena arcillosa SC	0,5	28 / 28	0 / 0,05 (matriz fina)	1.422	1,880	No se observó	JA-75-1
SD-43	CE-09	Roca meteorizada ML	1,3	40	0,08	1.12	1,684	No se observó	CE-09-1A
SD-44	JA-01	Arena arcillosa SC	0,6	28	0,05 (matriz fina)	1.66	2,028	Filtraciones	JA-01-1

**CUADRO 5.4-1**  
**PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE**  
**SUELO FUNDACIÓN MURO DE LOS MICROTRANQUES**

Sitio	Id_ficha	Tipo Suelo	Df (m)	Ángulo Fricción (°)	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad Natural Seca (t/m <sup>3</sup> )	Densidad Saturada (t/m <sup>3</sup> )	Napa (m)	Calicata
			Prof. Mín. Sello Fundación						
SD-45	JA-33	Arena arcillosa SC (con gravas)	0,8	28	0,05 (matriz fina)	1.79	2,123	No se observó	JA-33-1
SD-46	JA-48	Arcilla arenosa CL	0,5	15	0,25	1.733	2,065	No se observó	JA-48-1
SD-47	JA-28	Arena arcillosa SC	1,2	28	0,05 (matriz fina)	1.627	2,019	No se observó	JA-28-1
SD-48	CE-08	Limo arcillo gravoso/Grava arcillosa GC	0,5	28 / 38	0 / 0,05 (trabazón)	No se realiza por filtraciones y sobretamaño		2	CE-08-1
SD-49	JA-04	Arena arcillosa SC	0,6	28	0,05 (matriz fina)	1.676	2,054	2.3	JA-04-1
SD-50	JA-56	Arena limosa SM	0,5	32	0	1.779	2,102	1.5	JA-56-1
SD-51	JA-49	Arcilla arenosa CL	0,6	15	0,25	1.66	2,015	No se observó	JA-49-1
SD-52	JA-70	Suelo no apto (limo de alta plasticidad tipo MH hasta los 3,0 m.)	El suelo explorado, hasta la profundidad excavada, no es apto para fundar el embalse. Se recomienda realizar estudios y ensayos adicionales tales como calicatas de mayor profundidad, mediciones geofísicas u otro que permita detectar y analizar un estrato competente.			1,411	1,874	No se observó	JA-70-1
SD-53	SM-08	Suelo no apto (arcilla de alta plasticidad tipo CH hasta los 3 m. de profundidad)	El suelo explorado, hasta la profundidad excavada, no es apto para fundar el embalse. Se recomienda realizar estudios y ensayos adicionales tales como calicatas de mayor profundidad, mediciones geofísicas u otro que permita detectar y analizar un estrato competente.			1.538	1,936	No se observó	SM-08-1
SD-54	JA-32	Arena arcillosa SC	1,4	28	0,05 (matriz fina)	1,355	1,846	No se observó	JA-32-1A
SD-55	CE-02	Roca Meteorizada SC/Roca tenaz	0,6	42	0,1	No se realiza por aparición de roca		No se observó	CE-02-1
SD-56	JA-10	Limo arenoso/Grava/Roca	0,5	28	0	No se realiza por aparición de roca		No se observó	JA-10-1
SD-57	CE-06	Arena limosa SM	0,6	32	0	1,85	2,143	No se observó	CE-06-1A

**CUADRO 5.4-1**  
**PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE**  
**SUELO FUNDACIÓN MURO DE LOS MICROTRANQUES**

Sitio	Id_ficha	Tipo Suelo	Df (m)	Ángulo Fricción (°)	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad Natural Seca (t/m <sup>3</sup> )	Densidad Saturada (t/m <sup>3</sup> )	Napa (m)	Calicata
			Prof. Mín. Sello Fundación						
SD-58	JA-64	Limo arcillo arenoso (bajo los 2,2 m)	2,2	28	0	1,606	2,012	No se observó	JA-64-1
SD-59	JA-19	Arena limosa SM	0,5	32	0	1,831	2,134	No se observó	JA-19-1
SD-60	JA-52	Arena arcillosa SC	0,5	28	0,05 (matriz fina)	1,781	2,124	No se observó	JA-52-1

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 5.4-2  
PROPIEDADES GEOTÉCNICAS  
RELLENO MURO DE LOS MICROTRANQUES**

Sitio	Id_ficha	Tipo Relleno	Ángulo Fricción (°)	Cohesión kg/cm <sup>2</sup>	Densidad = 95% Proctor (t/m <sup>3</sup> )	Densidad Saturada (asociada al 95% Proctor) (t/m <sup>3</sup> )	Napa (m)	Calicata
SD-01	JA-05	Arena Arcillosa SC y Arena Limosa	28 / 32	0	1,8905	2,183	No se observó	JA-05-2
SD-02	JA-81	Arena limo arcillosa (maicillo)	32	0	1,8145	2,121	No se observó	JA-81-2
SD-03	JA-23	Arena limosa SM	32	0	1,919	2,178	No se observó	JA-23-2
SD-04	JA-16	Arena limosa SM	32	0	1,9095	2,183	No se observó	JA-16-2
SD-05	JA-40	Arcilla arenosa CL	15	0,1	1,7385	2,070	No se observó	JA-40-2
SD-06	JA-61	Arena arcillosa SC	28	0	1,9285	2,193	No se observó	JA-61-2
SD-07	JA-60	Arena arcillosa SC	28	0	1,8715	2,164	No se observó	JA-60-2
SD-08	SM-01	Roca meteorizada matriz areno limosa SM	42	0	1,824	2,133	No se observó	SM-01-2
SD-09	JA-13	Arena limosa SM	32	0	1,9285	2,208	No se observó	JA-13-2
SD-10	JA-15	Roca meteorizada matriz areno limosa SM	42	0	1,881	2,162	No se observó	JA-15-2
SD-11	SM-03	Limo y Grava arcillosa GC	28 / 38	0	1,8905	2,188	No se observó	SM-03-2
SD-12	JA-12	Grava arenosa GW-GC	40	0	2,2135	2,397	No se observó	JA-12-2
SD-13	JA-14	Arcilla CL	15	0,1	1,8145	2,106	No se observó	JA-14-2
SD-14	JA-02	Limo y Arena limosa SM	28 / 32	0	1,786	2,111	No se observó	JA-02-2
SD-15	JA-53	Arena arcillo limosa SC-SM	32	0	2,0235	2,261	1	JA-53-2
SD-16	JA-06	Roca meteorizada matriz areno arcillosa SC	42	0	1,8335	2,151	No se observó	JA-06-2
SD-17	SM-09	Limo y Arena arcillosa SC	28	0	1,93	2,198	0	SM-09-2
SD-18	JA-42	Grava areno arcillosa GC	38	0	1,9855	2,250	1.3	JA-42-2
SD-19	SM-02	Arcilla CL y Arena limosa	15 / 32	0,10 / 0	2,0235	2,258	No se observó	SM-02-2
SD-20	JA-18	Arena arcillosa SC	28	0	1,862	2,153	No se observó	JA-18-2
SD-21	CE-14	Roca meteorizada matriz limo areno arcillosa (no se puede usar como relleno el limo detectado entre 0,15 y 1,50 m.)	42	0	1,577	1,976	No se observó	CE-14-2
SD-22	JA-20	Arena arcillo limosa SC-SM	32	0	1,9855	2,222	No se observó	JA-20-2
SD-23	JA-50	Arena arcillosa SC	28	0	1,843	2,150	No se observó	JA-50-2

**CUADRO 5.4-2  
PROPIEDADES GEOTÉCNICAS  
RELLENO MURO DE LOS MICROTRANQUES**

Sitio	Id_ficha	Tipo Relleno	Ángulo Fricción (°)	Cohesión kg/cm <sup>2</sup>	Densidad = 95% Proctor (t/m <sup>3</sup> )	Densidad Saturada (asociada al 95% Proctor) (t/m <sup>3</sup> )	Napa (m)	Calicata
SD-24	JA-46	No se pudo finalizar la excavación ni muestreo de las calicatas en este punto debido a que el propietario del sitio no lo permitió. Se hacen nuevas calicatas identificadas como JA-46-1A y JA-46-2A						JA-46-2
		Roca meteorizada matriz arcillosa (tipo CL detectada entre 0,80 y 1,50 m.) No se puede utilizar como relleno el material existente entre 0,0 y 0,8 m. por ser de alta plasticidad.	15	0,1	1,682	2,029	No se observó	JA-46-2A
SD-25	JA-72	Limo arenoso (No se puede usar como relleno el material detectado entre 0,0 y 1,4 m. por ser de alta plasticidad)	28	0	1,5865	1,965	No se observó	JA-72-2
SD-26	JA-11	Arcilla CL y Arena limosa	15 / 32	0,10 / 0	1,824	2,135	No se observó	JA-11-2
SD-27	JA-47	Arcilla CL	15	0,1	1,71	2,042	No se observó	JA-47-2
SD-28	SM-04	Arcilla limo gravosa (tipo CL)	15	0,1	1,71	2,053	No se observó	SM-04-2
SD-29	JA-07	Grava arcillosa GC	38	0	1,8335	2,147	No se observó	JA-07-2
SD-30	JA-73	Arcilla limosa CL-ML/Arena limosa	15/32	0,05/0	1,653	2,007	No se observó	JA-73-2
SD-31	JA-59	Arcilla CL	15	0,1	1,7955	2,108	No se observó	JA-59-2
SD-32	JA-17	Limo y Arena limosa SM	32	0	1,6625	2,017	No se observó	JA-17-2
SD-33	CE-15	Roca meteorizada matriz arenosa (No se puede usar como relleno el material existente entre 0,0 y 1,2 m)	42	0	1,7005	2,047	No se observó	CE-15-2
SD-34	SM-06	Arena arcillosa SC/limo arenoso	28	0	1,7005	2,044	No se observó	SM-06-2
SD-35	JA-76	Limo y Roca meteorizada	28 / 42	0	1,843	2,147	No se observó	JA-76-2
SD-36	JA-22	Arena arcillosa SC	28	0	1,824	2,127	No se observó	JA-22-2
SD-37	JA-08	Limo / Arcilla CL / Arena limosa	28 / 15 / 32	0 / 0,10 / 0	1,9665	2,236	No se observó	JA-08-2

**CUADRO 5.4-2  
PROPIEDADES GEOTÉCNICAS  
RELLENO MURO DE LOS MICROTRANQUES**

Sitio	Id_ficha	Tipo Relleno	Ángulo Fricción (°)	Cohesión kg/cm <sup>2</sup>	Densidad = 95% Proctor (t/m <sup>3</sup> )	Densidad Saturada (asociada al 95% Proctor) (t/m <sup>3</sup> )	Napa (m)	Calicata
SD-38	JA-51	Arena arcillosa SC (MATERIAL SATURADO E INESTABLE)	Se detectó un material saturado e inestable. Se recomienda realizar mayores análisis del suelo mediante la ejecución de ensayos específicos, calicatas más profundas y/o sondajes, perfiles geofísicos, etc.		1.862	2,164	SUELO SATURADO	JA-51-2
SD-39	JA-79	Arena arcillosa SC (maicillo)	28	0	1,9	2,179	No se observó	JA-79-2
SD-40	JA-21	Arena arcillosa SC	28	0	1,824	2,127	No se observó	JA-21-2
SD-41	JA-03	Arcilla CL y Arena arcillosa	15 / 28	0,10 / 0	1,7195	2,047	1.9	JA-03-2
SD-42	JA-75	Arena limo gravosa SM	32	0	1,8905	2,179	No se observó	JA-75-2
SD-43	CE-09	Limo y Grava arcillosa GC	28 / 40	0	2,109	2,327	0.7	CE-09-2
SD-44	JA-01	Limo y Arena limosa SM	28 / 32	0	1,7385	2,080	No se observó	JA-01-2
SD-45	JA-33	Arcilla arenosa CL / Arena fina limosa	15/28	0,1/0	1,8145	2,109	No se observó	JA-33-2
SD-46	JA-48	Limo/ Arcilla arenosa CL	28/15	0/0,1	1,8525	2,132	No se observó	JA-48-2
SD-47	JA-28	Arena arcillosa SC	28	0	1,938	2,207	No se observó	JA-28-2
SD-48	CE-08	Roca descompuesta matriz GC	42	0	1,7385	2,084	No se observó	CE-08-2
SD-49	JA-04	Limo y Arena limosa SM	28 / 32	0	1,9855	2,247	No se observó	JA-04-2
SD-50	JA-56	Arena limosa SM	32	0	1,8335	2,154	No se observó	JA-56-2
SD-51	JA-49	Arena limo arcillosa SM/Grava	32	0	1,957	2,213	No se observó	JA-49-2
SD-52	JA-70	Limo ML	28	0	1,501	1,934	No se observó	JA-70-2
SD-53	SM-08	Arcilla (tipo CL)	15	0,1	1,748	2,067	No se observó	SM-08-2
SD-54	JA-32	Arcilla arenosa CL/Limo arenoso	15/28	0,1/0	1,8335	2,126	No se observó	JA-32-2
SD-55	CE-02	Limo arenoso / Roca meteorizada	28 / 42	0	1,843	2,156	No se observó	CE-02-2
SD-56	JA-10	Grava arcillosa GC	38	0	1,8525	2,156	No se observó	JA-10-2
SD-57	CE-06	Arena limosa	32	0	1,7575	2,087	No se observó	CE-06-2
SD-58	JA-64	Arcilla arenosa CL	15	0.1	1,7955	2,101	No se observó	JA-64-2
SD-59	JA-19	Arena arcillosa SC	28	0	1,9	2,173	No se observó	JA-19-2
SD-60	JA-52	Arena arcillosa SC	28	0	1,8335	2,142	No se observó	JA-52-2

Fuente: Elaboración propia.

## 5.5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LOS MUROS

### 5.5.1. Metodología

Para el análisis de estabilidad de los muros de cada sitio se consideró la siguiente geometría:

- Altura máx. del muro:  $H = 4,95$  m. (u otro menor en casos particulares)
- Ancho coronamiento muro:  $B = 4$  m.
- Taludes del muro: variables dependiendo el material que compone el muro
- Todos los muros consideran la colocación de una geomembrana en el talud aguas arriba (para impermeabilizar y evitar la erosión).

Para realizar el análisis de estabilidad se utilizó el programa computacional Slope, frecuentemente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación pseudo-estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo de estabilidad (Jambú, Bishop, entre otros). En este caso se utilizó el método de Bishop, el cual es explicado en el Anexo 5-3.

### 5.5.2. Factores de Seguridad

Los factores de seguridad mínimos aceptables en el análisis de estabilidad, para este tipo de proyectos, corresponden a:

Caso estático:  $F.S._{mínimo} = 1,50$

Caso sísmico (pseudo-estático):  $F.S._{mínimo} = 1,10$

Se incorpora como Anexo 5-5, el documento “Aspectos Geotécnicos y Estructurales de Obras de Riego – Exposición y Sesión Participativa Consultores y Revisores” emitido por la CNR en noviembre del año 2016, que contiene el resumen de los F.S. aceptados.

### 5.5.3. Resultados

En el Cuadro 5.5.3-1 se entregan los taludes adecuados para los muros de cada microtrunque (talud aguas arriba y talud aguas abajo), indicando en tonalidad gris el caso más desfavorable en la estabilidad de taludes, tanto aguas arriba como aguas abajo. Los resultados del Modelo, esquemas, se presentan en el Anexo 5-4.



**CUADRO 5.5.3-1  
TALUD AGUAS ARRIBA Y TALUD AGUAS ABAJO MICROTRANQUES**

Sitio	Id_ficha	Suelo de Fundación	Relleno para construcción del Muro	Altura Máx. del Muro (m)	Talud Aguas Arriba (H:V)	Talud Aguas Abajo (H:V)	F.S. Talud Aguas Arriba				F.S. Talud Aguas Abajo		Obs.
							Estático Sin Agua	Estático Con Agua	Estático Vac. Rápido	Sísmico Con Agua	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua	
SD-01	JA-05	Arena limosa/Arcilla CL	Arena Arcillosa SC y Arena Limosa	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-02	JA-81	Arena arcillosa SC	Arena arcillosa SC (maicillo)	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-03	JA-23	Arena limosa SM	Arena limosa SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-04	JA-16	Arena SP-SM	Arena limosa SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-05	JA-40	Grava/Arcilla/Arena arcillosa SC	Arcilla arenosa CL	4,95	3:1	3:1	1,76	1,56	1,73	1,15	1,76	1,16	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-06	JA-61	Arena limosa SM	Arena arcillosa SC	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-07	JA-60	Limo arenoso/Arena arcillosa SC	Arena arcillosa SC	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-08	SM-01	Arena limosa y arcillosa (SM y SC)	Roca meteorizada matriz areno limosa SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-09	JA-13	Arena limosa SM (Df=0,5m,)	Arena limosa SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-10	JA-15	Arena arcillo limosa SC-SM	Roca meteorizada matriz areno limosa SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-11	SM-03	Arcilla arenosa CL	Limo y Grava arcillosa GC	4,95	3:1	3:1	1,71	1,66	1,69	1,2	1,7	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-12	JA-12	Grava arcillosa GC	Grava arenosa GW-GC	4,95	3:1	2,5:1	3,11	2,97	3,09	1,98	2,69	1,84	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-13	JA-14	Arena arcillosa SC	Arcilla CL	4,95	3:1	3:1	1,76	1,56	1,73	1,15	1,76	1,16	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-14	JA-02	Arena limosa SM	Limo y Arena limosa SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-15	JA-53	Arena arcillo limosa SC-SM	Arena arcillo limosa SC-SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-16	JA-06	Roca meteorizada SC-SM	Roca meteorizada matriz areno arcillosa SC	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-17	SM-09	Limo ML	Limo y Arena arcillosa SC	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-18	JA-42	Arena arcillosa SC	Grava areno arcillosa GC	4,95	3:1	2,5:1	2,24	1,92	2,04	1,26	2,01	1,32	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-19	SM-02	Grava arcillosa GC	Arcilla algo gravosa tipo CL y Arena limosa	4,95	3:1	3:1	1,70	1,66	1,69	1,16	1,72	1,18	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-20	JA-18	Arcilla CL	Arena arcillosa SC	4,95	3:1	3:1	1,71	1,66	1,69	1,2	1,7	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-21	CE-14	Roca meteorizada (afloramiento rocoso)	Roca meteorizada matriz limo areno arcillosa	4,95	3:1	2,5:1	3,11	2,97	3,09	1,98	2,69	1,84	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado. No se puede usar como relleno el limo detectado entre 0,15 y 1,50 m. de la calicata CE-14-2
SD-22	JA-20	Arena arcillosa SC	Arena arcillo limosa SC-SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-23	JA-50	Grava arcillosa GC/Arcilla	Arena arcillosa SC	4,95	3:1	3:1	1,70	1,66	1,69	1,16	1,72	1,18	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado



**CUADRO 5.5.3 1**  
**TALUD AGUAS ARRIBA Y TALUD AGUAS ABAJO MICROTRANQUES**

Sitio	Id_ficha	Suelo de Fundación	Relleno para construcción del Muro	Altura Máx. del Muro (m)	Talud Aguas Arriba (H:V)	Talud Aguas Abajo (H:V)	F.S. Talud Aguas Arriba				F.S. Talud Aguas Abajo		Obs.
							Estático Sin Agua	Estático Con Agua	Estático Vac. Rápido	Sísmico Con Agua	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua	
SD-24	JA-46	Roca Tenaz al Corte (roca detectada bajo los 1,80 m.) El material existente entre 0,0 y 1,80 m. es de alta plasticidad, por lo tanto, no es apto para apoyar el muro.	Roca meteorizada matriz arcillosa (tipo CL detectada entre 0,80 y 1,50 m.)	4,5	3:1	3:1	1,93	1,82	1,89	1,22	1,94	1,26	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado. No se puede utilizar como relleno el material existente entre 0,0 y 0,8 m. de la calicata JA-46-2A por ser de alta plasticidad.
SD-25	JA-72	Arcilla arenosa CL	Limo arenoso	4,95	3:1	3:1	1,71	1,66	1,69	1,2	1,7	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado. No se puede usar como relleno el material detectado entre 0,0 y 1,4 m. de la calicata JA-72-2 por ser de alta plasticidad.
SD-26	JA-11	Arcilla/Arena arcillosa SC	Arcilla CL y Arena limosa	4,95	3:1	3:1	1,71	1,66	1,69	1,2	1,7	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-27	JA-47	Grava arcillosa GC	Arcilla CL	4,95	3:1	3:1	1,93	1,82	1,89	1,22	1,94	1,26	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-28	SM-04	Roca fracturada GP	Arcilla limo gravosa (tipo CL)	4,95	3:1	3:1	1,93	1,82	1,89	1,22	1,94	1,26	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-29	JA-07	Grava limosa GM	Grava arcillosa GC	4,95	3:1	2,5:1	3,11	2,97	3,09	1,98	2,69	1,84	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-30	JA-73	Arcilla arenosa CL	Arcilla limosa CL-ML/Arena limosa	4,95	3:1	3:1	1,71	1,66	1,69	1,2	1,7	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-31	JA-59	Limo arenoso/Arena arcillosa SC	Arcilla CL	4,95	3:1	3:1	1,76	1,56	1,73	1,15	1,76	1,16	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-32	JA-17	Limo/Arena limosa SM	Limo y Arena limosa SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-33	CE-15	Roca meteorizada SC-SM	Roca meteorizada matriz arenosa	4,95	3:1	2,5:1	3,11	2,97	3,09	1,98	2,69	1,84	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado. No se puede usar como relleno el material existente entre 0,0 y 1,2 m. de la calicata CE-15-2. Se detecta roca tenaz a los 1,4 m. en el sector de la calicata CE-15-1
SD-34	SM-06	Arena arcillosa SC	Arena arcillosa SC/Limo arenoso	4,95	3:1	3:1	1,7	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-35	JA-76	Limo arenoso/Roca meteorizada GC	Limo y Roca descompuesta	4,95	3:1	3:1	1,7	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-36	JA-22	Arena arcillosa SC	Arena arcillosa SC	4,95	3:1	3:1	1,7	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-37	JA-08	Arena arcillo limosa SC-SM	Limo / Arcilla CL / Arena limosa	4,95	3:1	3:1	1,7	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-38	JA-51	Arena arcillosa SC (SATURADO E INESTABLE)	Arena arcillosa SC (SATURADO E INESTABLE)	4,95	---	---	El suelo explorado, hasta la profundidad excavada, no es apto para fundar el embalse. El material se encuentra saturado y muy inestable, lo que podría generar deformaciones importantes en el muro. Se recomienda realizar mayores análisis del suelo mediante la ejecución de ensayos específicos, calicatas más profundas y/o sondajes, perfiles geofísicos, etc.						---
SD-39	JA-79	Limo arenoso y Arenas limosas y arcillosas SC	Arena arcillosa SC (maicillo)	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-40	JA-21	Arena limosa/Arcilla CL	Arena arcillosa SC	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado



**CUADRO 5.5.3 1**  
**TALUD AGUAS ARRIBA Y TALUD AGUAS ABAJO MICROTRANQUES**

Sitio	Id_ficha	Suelo de Fundación	Relleno para construcción del Muro	Altura Máx. del Muro (m)	Talud Aguas Arriba (H:V)	Talud Aguas Abajo (H:V)	F.S. Talud Aguas Arriba				F.S. Talud Aguas Abajo		Obs.
							Estático Sin Agua	Estático Con Agua	Estático Vac. Rápido	Sísmico Con Agua	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua	
SD-41	JA-03	Arcilla CL	Arcilla CL y Arena arcillosa	4,95	3:1	3:1	1,71	1,66	1,69	1,2	1,7	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-42	JA-75	Limo arcilloso/Arena arcillosa SC	Arena limo gravosa SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-43	CE-09	Roca meteorizada matriz ML	Limo y Grava arcillosa GC	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-44	JA-01	Arena arcillosa SC	Limo y Arena limosa SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-45	JA-33	Arena arcillosa SC (con gravas)	Arcilla arenosa CL / Arena fina limosa	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-46	JA-48	Arcilla arenosa CL	Limo/ Arcilla arenosa CL	4,95	3:1	3:1	1,71	1,66	1,69	1,2	1,7	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-47	JA-28	Arena arcillosa SC	Arena arcillosa SC	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-48	CE-08	Limo arcilloso gravoso/Grava arcillosa GC	Roca descompuesta GC	4,95	3:1	2,5:1	2,24	1,92	2,04	1,26	2,01	1,32	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-49	JA-04	Arena arcillosa SC	Limo y Arena limosa SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-50	JA-56	Arena limosa SM	Arena limosa SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-51	JA-49	Arcilla arenosa CL	Arena limo arcillosa SM/Grava	4,95	3:1	3:1	1,71	1,66	1,69	1,2	1,7	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-52	JA-70	Suelo no apto (limo de alta plasticidad tipo MH hasta los 3,0 m.)	Limo ML	4,95	---	---	El suelo explorado, hasta la profundidad excavada, no es apto para fundar el embalse. Se recomienda realizar estudios y ensayos adicionales tales como calicatas de mayor profundidad, mediciones geofísicas u otro que permita detectar y analizar un estrato competente.						---
SD-53	SM-08	Suelo no apto (arcilla de alta plasticidad tipo CH hasta los 3 m. de profundidad)	Arcilla (tipo CL)	4,95	---	---	El suelo explorado, hasta la profundidad excavada, no es apto para fundar el embalse. Se recomienda realizar estudios y ensayos adicionales tales como calicatas de mayor profundidad, mediciones geofísicas u otro que permita detectar y analizar un estrato competente.						---
SD-54	JA-32	Arena arcillosa SC	Arcilla arenosa CL/Limo arenoso	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-55	CE-02	Roca Meteorizada SC/Roca tenaz	Limo arenoso / Roca meteorizada	4,95	3:1	3:1	1,70	1,66	1,69	1,16	1,72	1,18	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-56	JA-10	Limo arenoso/Grava/Roca	Grava arcillosa GC	4,95	3:1	2,5:1	2,24	1,92	2,04	1,26	2,01	1,32	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-57	CE-06	Arena limosa SM (calicata CE-06-1A)	Arena limosa SM	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-58	JA-64	Limo arcilloso arenoso (bajo los 2,2 m)	Arcilla arenosa CL	4,95	3:1	3:1	1,76	1,56	1,73	1,15	1,76	1,16	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-59	JA-19	Arena limosa SM	Arena arcillosa SC	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado
SD-60	JA-52	Arena arcillosa SC	Arena arcillosa SC	4,95	3:1	3:1	1,70	1,65	1,69	1,15	1,71	1,17	Talud aguas arriba debe ser impermeabilizado

Fuente: Elaboración propia.



## **5.6. ESPECIFICACIONES GENERALES**

### **5.6.1. Sello de Fundación**

Considerando los resultados obtenidos de las prospecciones y ensayos realizados, se puede establecer que los suelos de fundación corresponden a suelos limos arenosos (ML), arcillas arenosas (CL), arenas arcillosas (SC), arenas limosas (SM), arenas (SP), gravas arcillosas (GC), gravas limosas (GM), gravas arenosas (GP), roca meteorizada de matriz arenosa y/o gravosa.

Es importante mencionar, que en varios sitios se detectaron suelos finos de alta plasticidad (arcillas tipo CH y limos tipo MH) los que no podrán considerarse como suelo de fundación de los microtranques. Estos materiales presentan asentamientos por consolidación e hinchamiento que podrían generar deformaciones importantes. Por lo tanto, se deberán eliminar totalmente para proceder a fundar los muros u otra estructura.

### **5.6.2. Profundidad Mínima del Sello De Fundación**

El sello de fundación del muro estará, al menos, a 0,50 m. de profundidad siempre y cuando a dicha cota se encuentre suelo natural. La cota mínima del sello de fundación para cada microtranque se indica en el Cuadro 5.4-1.

Por ningún motivo los muros podrán quedar apoyados sobre suelos finos de alta plasticidad (CH, MH) o rellenos no controlados o derrames de cerro sueltos. En estos casos se deberán continuar excavando hasta detectar el suelo de fundación especificado en el Cuadro 5.4-1.

### **5.6.3. Tratamiento del Sello de Excavación y Fundación**

Previo a la construcción del muro, se deberá remover del sello de fundación todo material suelto y/o extraño que pudiera haberse depositado durante las faenas de excavación.

El suelo a nivel de sello de fundación deberá compactarse hasta lograr, como mínimo, un 95% de la densidad máxima seca obtenida del ensayo Proctor Modificado.

El control de compactación debe ser realizado por un Laboratorio Oficial de Control de Calidad, inscrito en los registros del MINVU, certificado según norma NCh 17.025 y aprobado previamente por la Inspección.

El sello de fundación deberá ser recibido por la Inspección de la Obra, o por un Ingeniero Especialista Geotécnico, quién se reservará el derecho de exigir la profundización o compactación de éste si lo estima conveniente.

En caso de lluvias, antes de proceder con los rellenos y/o compactación, se deberá remover desde la superficie todo el lodo superficial que haya quedado producto del arrastre natural de partículas.

#### **5.6.4. Relleno del Muro**

Los muros de los microtranques podrían estar constituidos por materiales obtenidos desde la zona de inundación. Estos corresponden a: limos arenosos (ML), arcillas arenosas (CL), arenas arcillosas (SC), arenas limosas (SM), gravas arcillosas (GC), gravas limosas (GM), gravas arenosas (GP), roca meteorizada de matriz limosa, arenosa y/o gravosa.

Se debe destacar que los suelos finos de alta plasticidad (CH y MH) detectados en varios sitios no podrán ser utilizados como rellenos para la construcción de muros. Estos materiales deberán ser eliminados.

Los materiales para construir los muros deberán ser dispuestos en capas compactadas y controladas.

En general, el material deberá ser colocado en capas de 30 cm. de espesor como máximo (en estado suelto), las que deberán ser compactadas hasta alcanzar, al menos, una densidad equivalente al 95% de la densidad máxima compactada seca (D.M.C.S.) obtenida en laboratorio (según NCh 1534-2) o el 80% de la densidad relativa (según corresponda). Para el caso particular de rellenos de grava o roca meteorizada matriz gravosa, las capas podrán ser de 40 cm. de espesor máximo (en estado suelto) y también deberán ser compactados conforme lo dicho anteriormente.

La compactación de las capas deberá ser realizada con equipo adecuado para lograr el grado de compactación especificado en el párrafo precedente.

El control de compactación debe ser realizado por un Laboratorio Oficial de Control de Calidad, inscrito en los registros del MINVU, certificado según norma NCh 17025 y aprobado previamente por la Inspección.

Dadas las características de los materiales disponibles para la construcción de los muros de los microtranques, se considera necesario impermeabilizar el talud de aguas arriba mediante la colocación de una geomembrana. La geomembrana, además de impermeabilizar evita la erosión provocada por las lluvias y oleaje propio de estos embalses.

Durante la construcción de los muros se deberá contar con un especialista geotécnico que verifique y certifique los taludes y que los suelos utilizados son los indicados en este informe. Además, deberá supervisar y tomar las medidas necesarias para que no se produzcan derrumbes de ningún tipo.

### 5.6.5. Napa Freática

En varias de las calicatas excavadas, tanto en el eje de los muros como en la zona de inundación de éstos, se detectó agua, la que podría ser napa o agua proveniente de esteros o escurrimiento cercanos.

Es importante destacar que las excavaciones en terrenos granulares (no cohesivos) con presencia de agua son excesivamente inestables, razón por la cual es indispensable que se tomen todas las precauciones necesarias para evitar la ocurrencia de accidentes y/o deslizamientos.

En general, se deberán tomar todas las precauciones necesarias para deprimir alguna napa subterránea (si apareciera en el momento de las excavaciones) y construir “en seco” todo lo correspondiente a excavaciones y rellenos de suelos.

### 5.7. COMENTARIOS GENERALES

- En general, los suelos detectados en los sitios analizados son de regular a buena calidad para fundar los microtranques (arcillas CL, limos ML, arenas arcillosas y limosas SC-SM, gravas GC, GM, GP y rocas meteorizadas de matriz limosa, arenosa y gravosa).
- En los sitios JA-70 y SM-08 se detectaron, hasta los 3,0 m de profundidad, suelos de fundación de mala calidad estructural y que podrían presentar deformaciones importantes. En estos casos, antes de descartar los sitios, se recomienda realizar prospecciones de mayor profundidad (calicatas y/o sondajes), perfiles geofísicos, ensayos SPT, ensayos específicos (tales como triaxial, consolidación, presión de hinchamiento, hinchamiento libre, colapso u otros) que permitan detectar y analizar estratos competentes para fundar las obras.
- En particular, el suelo del sitio JA-51, si bien clasificó como SC (arena arcillosa), se encontraba saturado y muy suelto, lo que hacía el terreno demasiado inestable y potencialmente deformable frente a nuevas cargas. En este caso, también se debe realizar mayores estudios mediante nuevas prospecciones y ensayos (ver punto anterior).
- Por ningún motivo se podrán fundar las obras sobre suelos finos de alta plasticidad (CH y MH). En caso de detectarlos, deberán ser eliminados (llevados a botadero) y continuar excavando hasta encontrar un estrato competente.
- En general, los materiales de rellenos detectados corresponden a suelos arcillosos, arenosos y, en menor cantidad, a gravas. Estos deberán ser tratados y compactados conforme lo indicado en este informe.
- Todos los materiales que no sean utilizados deberán ser llevados a botaderos autorizados.
- Durante la construcción de los microtranques se deberá contar con un especialista geotécnico que verifique y certifique los taludes y que los suelos utilizados son los considerados en este estudio.

- Si durante las excavaciones se detectaran otros suelos, diferentes a los descritos en el presente documento, deberá avisarse a esta oficina para analizar la situación.
- El sello de fundación deberá ser recibido por la Inspección de la Obra, o por un Ingeniero Especialista Geotécnico, quién se reservará el derecho de exigir la profundización o compactación de éste si lo estima conveniente.

## **CAPÍTULO 6**

# **DISEÑO PRELIMINAR DE MICROTRANQUES**

## **6. DISEÑO PRELIMINAR DE MICROTRANQUES**

### **6.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se presentan los resultados del prediseño de los microtranques seleccionados.

### **6.2. DEFINICIÓN EJE DE PRESA**

#### **6.2.1. Generalidades**

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 m<sup>3</sup> (se adopta por seguridad 49.000 m<sup>3</sup>)
- 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

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.

En forma complementaria, se presentan las recomendaciones para evitar problemas de infiltración a través del cuerpo de presa, erosión de la cara expuesta al agua, líneas de flujo, etc.

#### **6.2.2. Características Físicas de las Obras**

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

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

- Obras de entrega

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, para asegurar que esto no ocurra, se diseña un vertedero para evacuar los caudales en exceso. Lo anterior permite utilizar muros de tierra y de enrocado. 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 trapezoidal, 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 6.2.2-1 se presenta un esquema general de una obra tipo.

Los muros de tierra homogéneos o muros simples se construyen únicamente con suelos o materiales de relleno, que sean a la vez estables y relativamente impermeables. En cambio, los muros de sección compuesta o zonificados tienen un núcleo central impermeable, zonas de transición a ambos lados del núcleo y espaldones o delantales bajo los talones de aguas arriba y aguas abajo.

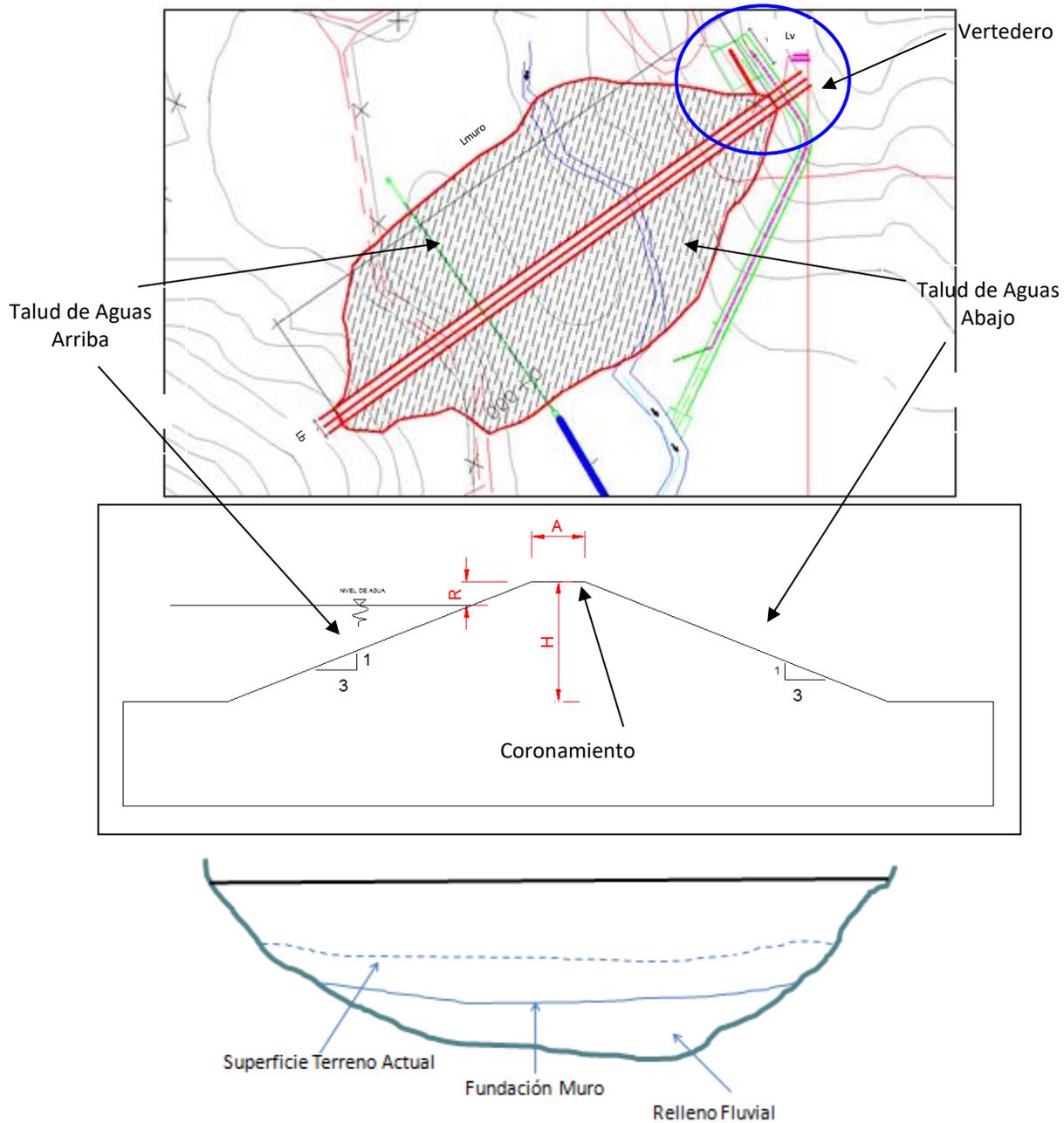
Generalmente, las presas pequeñas de tierra se diseñan de modo que se pueda controlar la filtración de agua a través del muro y/o de su cimentación, ya sea por medio de un núcleo impermeable y/o de un delantal impermeable bajo el talón de aguas arriba.

El depósito o vaso de almacenamiento del embalse es la cavidad que se forma aguas arriba del muro y en la cual se acumula el agua y los sedimentos provenientes de la cuenca aportante a dicho embalse. Las características físicas más importantes del depósito son su capacidad de almacenamiento y la superficie inundada.

En un embalse, una altura de agua determina un volumen a embalsar y una superficie inundada. Si la altura de agua es igual al nivel de la cresta del vertedero del embalse, se denomina altura de aguas máximas normales. Esta altura limita tanto el volumen posible de acumular aguas en el embalse, como la superficie inundada máxima que ocupará en condiciones normales de operación del embalse, lógicamente, dicha superficie inundada aumentará cuando el embalse está recibiendo y evacuando una crecida en el cauce natural.

El nivel de aguas mínimas es la mínima altura a la cual operará el embalse en condiciones normales. Dicho nivel mínimo corresponde al nivel de ubicación de la obra de toma. Bajo el nivel mínimo se almacenará el volumen de aguas y sedimentos denominado volumen de aguas muertas, en el cual se

acumularán los sedimentos durante la vida útil del embalse. Al respecto, cabe señalar que, en los cauces naturales, en los días de tormenta se produce arrastre de partículas de tierra, agregados pétreos, fragmentos de roca y otros materiales.



**FIGURA 6.2.2-1**  
**ESQUEMA GENERAL DE UNA OBRA TIPO**

Fuente: Elaboración propia.

El volumen de almacenamiento, ubicado entre el nivel mínimo y el nivel de aguas normales, se denomina volumen útil.

### 6.2.3. Criterios de Diseño y Constructivos

#### 6.2.3.1. Generalidades

Para el proyecto de microtranque de regulación corta, se consideran criterios de diseño y aspectos constructivos que afectan al diseño, los que se especifican continuación:

#### 6.2.3.2. Profundidad Mínima

La profundidad mínima del agua en el tranque es de 0,45 m a fin de evitar el crecimiento de vegetación en el fondo.

#### 6.2.3.3. Revancha

Por razones de seguridad se considera una revancha, la que corresponde a la diferencia entre el nivel de aguas normales (umbral vertedero) y el coronamiento del muro. Para el cálculo de la revancha se considera la carga sobre el vertedero para periodo de retorno de 100 años, la altura de ola y los asentamientos del muro. En este caso, como criterio se adoptó que los asentamientos son despreciables y que la revancha debe ser, como máximo, 0,50 m.

El oleaje fuerte anormal puede resultar de vientos sostenidos de alta velocidad en una dirección crítica. La altura de la ola depende de la velocidad del viento, de su duración, de la distancia dentro de la superficie del tranque en que puede actuar, de la profundidad del agua, del ancho del tranque y de la inclinación y textura de los taludes del muro. Para el cálculo de este parámetro se usan 5 fórmulas empíricas según se indica:

<b>Diakon</b>	$h_{ola} = 0,0186 V^{0,71} F^{0,24} H^{0,54}$	$h_{ola}$ : altura de la ola en m
		V : Velocidad del viento en km/h
<b>Stevenson</b>	$h_{ola} = 0,76 + 0,0323 \sqrt{V F} - 0,272 \sqrt[4]{F}$	F : Fetch en km
<b>Molitor</b>	$h_{ola} = 0,17 * \sqrt{V F} + 2,5 - \sqrt[4]{F}$	$h_{ola}$ : Altura de la ola en pie
<b>Creager</b>	$h_{ola} = \frac{F^{0,37} V^{0,48}}{3,41}$	V : Velocidad del viento en millas/h
<b>Bureau of Reclamation</b>	$h_{ola} = 0,075 (V - 8,5)$	F : Fetch en millas

Fuente: <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>

Para obtener la velocidad del viento, se utilizó el “Explorador de Energía Eólica”, disponible en la página web <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>, llevado a cabo por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile por encargo del Ministerio de Energía y GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). Esta herramienta entrega resultados de una simulación numérica de las condiciones de viento y densidad de aire, las que fueron realizadas por el modelo WRF (Weather Research and Forecasting), un modelo avanzado, ampliamente utilizado para analizar el recurso eólico en el mundo. Los valores obtenidos para cada sitio se encuentran en el Anexo 6-1.

#### **6.2.3.4. Ancho del Coronamiento**

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

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

#### **6.2.3.5. Definición de Taludes Aguas Arriba y Aguas abajo del Muro**

Los taludes se definieron a partir del análisis de estabilidad presentado en el Capítulo 5. El talud aguas arriba de todos microtranques es 3:1 (H:V), similar situación se tiene para el talud de aguas abajo, salvo contadas excepciones, en donde el talud es de 2,5:1 (H:V). La mayoría de los casos en estudio incluye estos taludes, pero ellos fueron determinados caso por caso, según se explica más adelante. El cálculo se realizó mediante la aplicación del método de Bishop.

#### **6.2.3.6. Escarpe**

Antes de construir los muros del tranque, se ejecutan escarpes de 0,30 m mínimo, para remover la capa vegetal del terreno, extrayendo las raíces o troncos que pudieran existir.

#### **6.2.4. Resultados del Diseño del Microtranque**

En el Cuadro 6.2.4-1 se resumen los resultados del cálculo de la ola de diseño de los microtranques, y la carga disponible sobre el vertedero para evacuar la crecida de 100 años, dado que se considera 0,50 m como revancha máxima. En algunos casos especiales se puede considerar una altura de revancha mayor.

Después de analizar los resultados de las alturas de olas, se decidió adoptar la fórmula de Creager, cuyos resultados son los más razonables para las dimensiones de la presa, y son bastante concordantes con los obtenidos con la fórmula del U.S.B.R.



**CUADRO 6.2.4-1**  
**RESULTADOS CÁLCULO OLA DE DISEÑO DE LOS MICROTRANQUES**

Id Sitio	Id Ficha	Altura Máxima Muro (m)	Viento		Fetch (m)	hola (cm)					h <sub>calc</sub> (cm)
			Magnitud (m/s)	Mes		Diakon	Stevenson	Molitor	Creager	USBR	
SD-01	JA-05	4,95	6,9	Enero	105	25,1	65,7	66	12,1	15,9	37,9
SD-02	JA-81	4,95	6,3	Noviembre	88	22,6	65,7	66	10,9	12,8	39,1
SD-03	JA-23	4,95	6,3	Enero	166	26,3	64,9	65,2	13,7	12,8	36,3
SD-04	JA-16	4,95	6,1	Enero	209	27,2	64,5	64,8	14,7	11,8	35,3
SD-05	JA-40	4,7	6,6	Noviembre	197	27,5	64,9	65,1	15	14,4	55
SD-06	JA-61	4,95	6,8	Enero	151	27,1	65,3	65,5	13,8	15,4	36,2
SD-07	JA-60	4,95	5,7	Junio	92	21,3	65,5	65,7	10,5	9,8	39,5
SD-08	SM-01	4,95	7,4	Junio	94	25,7	66,1	66,3	12	18,5	38
SD-09	JA-13	4,95	7,9	Enero	209	32,6	65,5	65,8	16,7	21	38,3
SD-10	JA-15	4,95	6,4	Enero	68	21,5	66,2	66,4	9,9	13,3	40,1
SD-11	SM-03	4,95	7,4	Enero	130	27,8	65,7	65,9	13,6	18,5	36,4
SD-12	JA-12	4,95	5,7	Enero	135	23,3	64,9	65,2	12,1	9,8	42,9
SD-13	JA-14	4,95	6,7	Junio	109	24,8	65,6	65,9	12,1	14,9	37,9
SD-14	JA-02	4,95	5,7	Noviembre	49	18,3	66,4	66,7	8,3	9,8	41,7
SD-15	JA-53	4,95	6,5	Junio	118	24,8	65,4	65,7	12,3	13,9	37,7
SD-16	JA-06	4,95	6,4	Enero	97	23,4	65,6	65,9	11,3	13,3	38,7
SD-17	SM-09	4,95	7,2	Junio	128	27,2	65,6	65,9	13,3	17,4	36,7
SD-18	JA-42	4,95	6,6	Junio	106	24,4	65,6	65,9	11,9	14,4	38,1
SD-19	SM-02	4,95	6,1	Enero	158	25,4	64,9	65,1	13,3	11,8	36,7
SD-20	JA-18	4,95	6,5	Enero	89	23,2	65,8	66,1	11,1	13,9	38,9
SD-21	CE-14	4,95	5,8	Diciembre	161	24,6	64,7	65	13,1	10,3	46,9
SD-22	JA-20	4,95	6,4	Enero	114	24,3	65,4	65,7	12	13,3	38
SD-23	JA-50	4,95	6	Enero	88	21,8	65,6	65,9	10,6	11,3	39,4
SD-24	JA-46	4,5	6,6	Junio	91	22,3	65,8	66,1	11,2	14,4	38,8
SD-25	JA-72	4,95	8	Enero	123	29	66	66,2	13,8	21,5	36,2
SD-26	JA-11	4,95	8,9	Junio	77	28	66,7	67	12,2	26,1	37,8
SD-27	JA-47	4,95	6,6	Junio	64	21,6	66,3	66,6	9,9	14,4	40,1
SD-28	SM-04	4,95	8,6	Enero	86	28	66,5	66,8	12,5	24,6	37,5
SD-29	JA-07	4,95	6,2	Enero	158	25,7	64,9	65,2	13,4	12,3	36,6
SD-30	JA-73	4,95	6,2	Enero	124	24,2	65,2	65,5	12,2	12,3	37,8



**CUADRO 6.2.4 1**  
**RESULTADOS CÁLCULO OLA DE DISEÑO DE LOS MICROTRANQUES**

Id Sitio	Id Ficha	Altura Máxima Muro (m)	Viento		Fetch (m)	hola (cm)					h <sub>calc</sub> (cm)
			Magnitud (m/s)	Mes		Diakon	Stevenson	Molitor	Creager	USBR	
SD-31	JA-59	4,95	6,4	Enero	121	24,7	65,4	65,6	12,3	13,3	37,7
SD-32	JA-17	2,9	6,5	Junio	176	20,4	64,9	65,2	14,3	13,9	35,7
SD-33	CE-15	4,95	5,9	Junio	100	22,2	65,4	65,7	11	10,8	39
SD-34	SM-06	4,95	6,7	Junio	73	22,6	66,1	66,4	10,4	14,9	39,6
SD-35	JA-76	4,95	5,6	Enero	64	19,2	66	66,2	9,1	9,2	40,9
SD-36	JA-22	4,95	6,5	Enero	171	27,1	65	65,2	14,1	13,9	45,9
SD-37	JA-08	4,95	7,1	Enero	120	26,5	65,6	65,9	12,9	16,9	37,1
SD-38	JA-51	4,95	7,2	Junio	131	27,3	65,6	65,9	13,4	17,4	36,6
SD-39	JA-79	4,95	5,3	Junio	98	20,5	65,2	65,5	10,4	7,7	39,6
SD-40	JA-21	4,95	7,2	Junio	155	28,4	65,4	65,7	14,3	17,4	35,7
SD-41	JA-03	4,95	6	Julio	95	22,2	65,5	65,8	10,9	11,3	39,1
SD-42	JA-75	4,95	6,5	Junio	169	27	65	65,3	14	13,9	56
SD-43	CE-09	4,95	6,4	Enero	118	24,5	65,4	65,7	12,2	13,3	37,8
SD-44	JA-01	4,95	7,2	Junio	85	24,6	66,1	66,4	11,4	17,4	38,6
SD-45	JA-33	4,95	5,8	Noviembre	95	21,7	65,4	65,7	10,7	10,3	39,3
SD-46	JA-48	4,95	5,8	Junio	124	23,1	65,1	65,3	11,9	10,3	38,1
SD-47	JA-28	4,95	6,8	Enero	113	25,3	65,6	65,9	12,4	15,4	37,6
SD-48	CE-08	4,95	5,2	Enero	54	17,5	66,1	66,4	8,3	7,2	41,7
SD-49	JA-04	4,95	5,1	Julio	25	14,4	67,4	67,6	6,2	6,7	43,8
SD-50	JA-56	4,95	6,4	Junio	70	21,6	66,1	66,4	10,1	13,3	39,9
SD-51	JA-49	4,95	5,8	Junio	90	21,4	65,5	65,8	10,5	10,3	39,5
SD-52	JA-70	4,95	5,6	Junio	70	19,7	65,8	66,1	9,4	9,2	40,6
SD-53	SM-08	4,95	6	Junio	86	21,7	65,7	65,9	10,5	11,3	39,5
SD-54	JA-32	4,95	7,2	Enero	122	26,9	65,7	65,9	13,1	17,4	36,9
SD-55	CE-02	4,95	7,1	Junio	102	25,5	65,8	66,1	12,2	16,9	37,8
SD-56	JA-10	4,95	6,6	Enero	103	24,2	65,6	65,9	11,8	14,4	38,2
SD-57	CE-06	4,95	5,1	Junio	82	19,1	65,4	65,7	9,6	6,7	40,4
SD-58	JA-64	4,95	8	Noviembre	155	30,7	65,8	66	15	21,5	35
SD-59	JA-19	4,95	6,5	Enero	139	25,8	65,2	65,5	13,1	13,9	36,9
SD-60	JA-52	4,95	5,3	Junio	90	20,1	65,3	65,6	10,1	7,7	39,9

Fuente: Elaboración propia.



En el Cuadro anterior,  $h_{\text{calc}}$  (cm) corresponda a la carga disponible sobre el vertedero, para evacuar la crecida centenaria, dado que como criterio se adoptó que la revancha fuera como máximo 0,50 m. Para obtener la altura de aguas útil, debe descontarse la profundidad de 45 cm bajo la obra de captación.

En el Cuadro 6.2.4-2 se muestran los resultados geométricos del diseño del microtranque: altura máxima, altura de aguas, volumen máximo embalsable y ancho de coronamiento, por otro lado las áreas de inundación se encuentran en el Anexo 6-2.

**CUADRO 6.2.4-2  
RESULTADOS DISEÑO MICROTRANQUE**

Id Sitio	Id Ficha	Fondo (msnm)	Cota Obra de Toma (msnm)	Cota Umbral de Vertedero (msnm)	Cota Coronamiento (msnm)	Volumen Total Agua (m <sup>3</sup> )	Volumen Útil (m <sup>3</sup> )	Volumen Muerto (m <sup>3</sup> )
SD-01	JA-05	134,81	135,26	139,20	139,70	16.395,93	16.212,02	183,91
SD-02	JA-81	53,67	54,12	57,50	58,00	6.723,85	6.628,53	95,31
SD-03	JA-23	158,67	159,12	161,00	161,50	10.598,59	10.208,88	389,71
SD-04	JA-16	153,05	153,50	157,50	158,00	21.474,20	21.357,39	116,81
SD-05	JA-40	13,30	13,75	17,50	16,69	37.245,24	36.701,39	543,86
SD-06	JA-61	162,68	163,13	166,15	166,65	17.965,02	17.753,71	211,31
SD-07	JA-60	312,00	312,45	316,45	316,95	9.546,03	9.443,30	102,73
SD-08	SM-01	251,69	252,14	256,00	256,50	3.888,08	3.839,33	48,75
SD-09	JA-13	143,88	144,33	147,40	147,95	9.845,94	9.825,69	20,25
SD-10	JA-15	165,46	165,92	169,35	169,85	2.693,96	2.684,82	9,14
SD-11	SM-03	174,67	175,12	178,15	178,65	17.925,05	17.749,55	175,50
SD-12	JA-12	159,60	160,05	162,95	163,50	5.497,70	5.451,73	45,98
SD-13	JA-14	154,72	155,17	156,50	157,00	8.267,68	7.986,86	280,82
SD-14	JA-02	90,00	90,45	94,45	94,95	3.504,76	3.476,14	28,62
SD-15	JA-53	71,84	72,29	75,75	76,25	10.761,79	10.678,64	83,15
SD-16	JA-06	163,00	163,45	167,45	167,95	12.384,40	12.242,18	142,22
SD-17	SM-09	59,64	60,09	63,50	64,00	14.275,17	14.241,03	34,14
SD-18	JA-42	25,61	26,06	29,82	30,45	7.778,75	7.677,27	101,48
SD-19	SM-02	159,22	159,67	163,45	163,95	31.133,44	30.566,53	566,91
SD-20	JA-18	175,08	175,53	178,50	179,00	13.539,56	13.370,66	168,89
SD-21	CE-14	123,13	123,58	127,32	128,00	4.162,05	4.115,96	46,09
SD-22	JA-20	151,50	151,95	155,45	155,95	28.073,96	25.610,15	2.463,81
SD-23	JA-50	117,00	117,45	120,50	121,00	10.373,25	10.193,10	180,16
SD-24	JA-46	278,91	279,36	283,20	283,70	26.959,24	26.406,20	553,04
SD-25	JA-72	161,05	161,50	165,50	166,00	17.342,54	17.126,90	215,64
SD-26	JA-11	161,00	161,45	165,00	165,50	20.801,69	20.303,94	497,74
SD-27	JA-47	319,68	320,13	323,95	324,45	17.097,56	16.918,69	178,87
SD-28	SM-04	156,00	156,45	159,65	160,15	12.211,99	12.127,21	84,78

**CUADRO 6.2.4-2  
RESULTADOS DISEÑO MICROTRANQUE**

Id Sitio	Id Ficha	Fondo (msnm)	Cota Obra de Toma (msnm)	Cota Umbral de Vertedero (msnm)	Cota Coronamiento (msnm)	Volumen Total Agua (m <sup>3</sup> )	Volumen Útil (m <sup>3</sup> )	Volumen Muerto (m <sup>3</sup> )
SD-29	JA-07	111,95	112,40	116,05	116,55	11.432,85	11.206,17	226,68
SD-30	JA-73	121,95	122,40	126,40	126,90	40.606,79	37.474,94	3.131,85
SD-31	JA-59	307,50	307,95	311,95	312,45	17.654,99	17.439,05	215,93
SD-32	JA-17	115,66	116,11	118,50	119,00	30.888,53	30.204,46	684,07
SD-33	CE-15	103,21	103,66	107,25	107,75	8.885,94	8.755,05	130,90
SD-34	SM-06	123,05	123,50	127,50	128,00	13.611,66	12.797,37	814,29
SD-35	JA-76	86,50	86,95	90,00	90,50	7.748,22	7.100,51	647,71
SD-36	JA-22	161,50	161,95	165,33	165,85	29.983,14	29.700,45	282,69
SD-37	JA-08	130,05	130,50	134,50	135,00	30.075,12	27.867,90	2.207,22
SD-38	JA-51	282,55	283,00	287,00	287,50	34.226,44	31.631,25	2.595,19
SD-39	JA-79	25,39	25,84	29,65	30,15	6.742,30	6.675,41	66,89
SD-40	JA-21	227,14	227,59	231,50	232,00	5.830,11	5.789,37	40,74
SD-41	JA-03	39,78	40,23	43,50	44,00	6.516,38	6.462,66	53,72
SD-42	JA-75	207,59	208,04	211,57	212,50	17.995,60	17.786,79	208,80
SD-43	CE-09	106,90	107,35	110,50	111,00	6.762,26	6.629,62	132,64
SD-44	JA-01	196,05	196,50	200,50	201,00	13.830,80	12.977,93	852,87
SD-45	JA-33	54,53	54,98	58,50	59,00	3.401,55	3.343,39	58,16
SD-46	JA-48	116,54	116,99	119,85	120,35	6.774,86	6.682,56	92,30
SD-47	JA-28	195,30	195,75	199,65	200,15	6.872,33	6.818,90	53,42
SD-48	CE-08	74,95	75,40	78,40	78,90	5.506,67	5.369,58	137,09
SD-49	JA-04	23,00	23,50	26,12	26,62	4.290,63	3.939,40	351,23
SD-50	JA-56	19,89	20,34	23,50	24,00	3.533,63	3.482,62	51,01
SD-51	JA-49	100,00	100,45	104,45	104,95	17.245,06	16.091,60	1.153,46
SD-52	JA-70	181,31	181,76	184,50	185,00	3.438,65	3.408,81	29,84
SD-53	SM-08	92,62	93,07	95,90	96,40	9.889,87	9.705,01	184,86
SD-54	JA-32	365,50	365,95	369,50	370,00	5.185,40	5.094,95	90,45
SD-55	CE-02	352,05	352,50	356,00	356,50	3.049,34	3.034,49	14,85
SD-56	JA-10	163,17	163,62	167,25	167,75	2.157,83	2.145,39	12,44
SD-57	CE-06	47,74	48,19	52,00	52,50	7.567,33	7.509,43	57,91
SD-58	JA-64	22,32	22,77	26,50	27,00	3.186,56	3.153,90	32,66
SD-59	JA-19	182,00	182,45	186,35	186,85	3.006,72	2.995,72	11,00
SD-60	JA-52	30,65	31,10	34,40	34,90	5.585,00	5.507,81	77,19

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se observa en Cuadro anterior, en tres casos se rebajó la altura del embalse para no sobrepasar los 49.000 m<sup>3</sup> de capacidad útil (capacidad máxima adoptada como criterio). Son los embalses JA-17, JA-40 y JA-46.

### 6.2.5. Diseño Vertedero de Crecidas

El vertedero de crecidas se diseña para la crecida de T=100 años y se verifica para T=150 años.

El vertedero proyectado tiene una barrera de espesor y altura de 30 cm. La pared de aguas abajo es inclinada con talud 2:1. Para las características de las crecidas, este es un vertedero de pared intermedia, sin contracción lateral.

El caudal (Q) a evacuar en un vertedero frontal está dado por la expresión siguiente:

$$Q = m \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2 g h} \quad (m^3 / s)$$

Siendo m el coeficiente de gasto para vertedero; l, la longitud umbral del vertedero en metros; h, la carga sobre el vertedero en metros y g la aceleración de gravedad en m/s<sup>2</sup>.

El coeficiente de gasto base se calculó con la relación:

$$m = (0,405 + (0,003 / h)) * (1 + 0,55 * ((h^2) / (h + a)^2)) * (0,700 + 0,185 (h / e)) * 1,14$$

Siendo “h” la carga, “a” la altura de la barrera y “e” el espesor del umbral. El factor 1,14 corresponde a la corrección por pared inclinada de aguas abajo.

En consideración a que las crecidas asociadas a algunos sitios corresponden a caudales bajos se determinó un ancho mínimo de umbral de 0,6 m.

Como se mencionó anteriormente, como criterio se consideró que la revancha máxima es igual a 0,50 m despreciando el asentamiento del muro, por lo tanto, la revancha queda dada por la carga sobre el vertedero para T = 100 años, más la altura de la ola. Si el largo del vertedero resulta mayor a 8,0 m, se permite aumentar la revancha, de manera que la longitud no sea mayor a 8,0 m, lo anterior se dio en siete sitios, los que se resaltan en color azul, el detalle de los cálculos de las revanchas y longitudes de vertedero se incluye en el Anexo 6-10.

**CUADRO 6.2.5-1  
DISEÑO VERTEDERO**

ID Sitio	ID Ficha	Q 100 (m <sup>3</sup> /s)	Q 150 (m <sup>3</sup> /s)	h(ola) (m)	Hdisp (m)	Rev disp. (m)	m ( )	L vert (m)	L vert adop (m)	Qmax (m <sup>3</sup> /s)
SD-01	JA-05	0,28	0,31	0,12	0,38	0,50	0,515	0,5	0,6	0,48
SD-02	JA-81	1,86	2,05	0,11	0,39	0,50	0,521	3,3	3,3	2,69
SD-03	JA-23	2,04	2,24	0,14	0,36	0,50	0,507	4,2	4,2	3,33
SD-04	JA-16	2,11	2,31	0,15	0,35	0,50	0,502	4,5	4,6	3,62
SD-05	JA-40	12,29	13,51	0,15	0,66	0,81	0,651	8,0	8,0	16,81
SD-06	JA-61	1,96	2,15	0,14	0,36	0,50	0,507	4,0	4,0	3,17

**CUADRO 6.2.5-1  
DISEÑO VERTEDERO**

ID Sitio	ID Ficha	Q 100 (m <sup>3</sup> /s)	Q 150 (m <sup>3</sup> /s)	h(ola) (m)	Hdisp (m)	Rev disp. (m)	m ( )	L vert (m)	L vert adop (m)	Qmax (m <sup>3</sup> /s)
SD-07	JA-60	1,86	2,05	0,11	0,40	0,50	0,523	3,2	3,3	2,70
SD-08	SM-01	0,17	0,18	0,12	0,38	0,50	0,515	0,3	0,6	0,48
SD-09	JA-13	4,24	4,65	0,17	0,38	0,55	0,515	7,9	7,9	7,29
SD-10	JA-15	0,52	0,57	0,10	0,40	0,50	0,526	0,9	0,9	0,74
SD-11	SM-03	0,65	0,71	0,14	0,36	0,50	0,507	1,3	1,4	1,11
SD-12	JA-12	5,27	5,78	0,12	0,43	0,55	0,540	7,8	7,9	7,72
SD-13	JA-14	3,82	4,20	0,12	0,38	0,50	0,515	7,2	7,3	5,88
SD-14	JA-02	0,33	0,37	0,08	0,42	0,50	0,533	0,5	0,6	0,50
SD-15	JA-53	1,81	1,99	0,12	0,38	0,50	0,514	3,4	3,4	2,73
SD-16	JA-06	0,21	0,23	0,11	0,39	0,50	0,519	0,4	0,6	0,49
SD-17	SM-09	0,39	0,43	0,13	0,37	0,50	0,509	0,8	0,8	0,64
SD-18	JA-42	7,35	8,07	0,12	0,51	0,63	0,579	7,9	8,0	10,23
SD-19	SM-02	1,37	1,51	0,13	0,37	0,50	0,509	2,7	2,8	2,23
SD-20	JA-18	0,39	0,43	0,11	0,39	0,50	0,520	0,7	0,7	0,57
SD-21	CE-14	7,82	8,58	0,13	0,55	0,68	0,598	7,2	7,3	10,86
SD-22	JA-20	0,01	0,02	0,12	0,38	0,50	0,515	0,03	0,6	0,48
SD-23	JA-50	0,51	0,56	0,11	0,39	0,50	0,522	0,9	0,9	0,74
SD-24	JA-46	0,62	0,68	0,11	0,39	0,50	0,519	1,1	0,6	0,98
SD-25	JA-72	1,37	1,50	0,14	0,36	0,50	0,507	2,8	2,8	2,22
SD-26	JA-11	0,28	0,31	0,12	0,38	0,50	0,514	0,5	0,6	0,48
SD-27	JA-47	1,37	1,50	0,10	0,40	0,50	0,526	2,3	2,3	1,89
SD-28	SM-04	0,25	0,28	0,13	0,38	0,50	0,513	0,5	0,6	0,48
SD-29	JA-07	0,29	0,32	0,13	0,37	0,50	0,508	0,6	0,6	0,48
SD-30	JA-73	0,49	0,54	0,12	0,38	0,50	0,514	0,9	1,0	0,81
SD-31	JA-59	1,74	1,91	0,12	0,38	0,50	0,514	3,3	3,3	2,65
SD-32	JA-17	0,18	0,20	0,14	0,36	0,50	0,504	0,4	0,6	0,47
SD-33	CE-15	0,92	1,01	0,11	0,39	0,50	0,520	1,6	1,7	1,38
SD-34	SM-06	0,26	0,29	0,10	0,40	0,50	0,523	0,5	0,6	0,49
SD-35	JA-76	0,49	0,54	0,09	0,41	0,50	0,530	0,8	0,9	0,75
SD-36	JA-22	4,20	4,61	0,14	0,38	0,52	0,515	7,9	8,0	6,86
SD-37	JA-08	0,12	0,13	0,13	0,37	0,50	0,511	0,2	0,6	0,48
SD-38	JA-51	2,95	3,24	0,13	0,37	0,50	0,508	5,9	0,6	4,78
SD-39	JA-79	0,36	0,40	0,10	0,40	0,50	0,523	0,6	0,7	0,57
SD-40	JA-21	0,64	0,70	0,14	0,36	0,50	0,504	1,3	1,4	1,10
SD-41	JA-03	2,09	2,29	0,11	0,39	0,50	0,521	3,7	3,7	3,02
SD-42	JA-75	17,49	19,20	0,14	0,79	0,93	0,713	7,9	8,0	22,65
SD-43	CE-09	1,75	1,92	0,12	0,38	0,50	0,514	3,3	3,3	2,66
SD-44	JA-01	0,06	0,07	0,11	0,39	0,50	0,518	0,1	0,6	0,49
SD-45	JA-33	1,33	1,46	0,11	0,39	0,50	0,522	2,3	2,4	1,96

**CUADRO 6.2.5-1  
DISEÑO VERTEDERO**

ID Sitio	ID Ficha	Q 100 (m <sup>3</sup> /s)	Q 150 (m <sup>3</sup> /s)	h(ola) (m)	Hdisp (m)	Rev disp. (m)	m ( )	L vert (m)	L vert adop (m)	Qmax (m <sup>3</sup> /s)
SD-46	JA-48	1,10	1,21	0,12	0,38	0,50	0,516	2,0	2,1	1,70
SD-47	JA-28	0,42	0,46	0,12	0,38	0,50	0,513	0,8	0,9	0,72
SD-48	CE-08	2,82	3,09	0,08	0,42	0,50	0,533	4,4	4,5	3,76
SD-49	JA-04	0,03	0,03	0,06	0,44	0,50	0,544	0,04	0,6	0,51
SD-50	JA-56	1,23	1,35	0,10	0,40	0,50	0,525	2,1	2,1	1,72
SD-51	JA-49	2,08	2,28	0,11	0,40	0,50	0,523	3,6	3,6	2,95
SD-52	JA-70	0,09	0,10	0,09	0,41	0,50	0,528	0,2	0,6	0,50
SD-53	SM-08	4,30	4,72	0,11	0,40	0,50	0,523	7,5	7,6	6,22
SD-54	JA-32	0,42	0,47	0,13	0,37	0,50	0,510	0,8	0,9	0,72
SD-55	CE-02	1,10	1,21	0,12	0,38	0,50	0,514	2,1	2,1	1,69
SD-56	JA-10	3,04	3,34	0,12	0,38	0,50	0,516	5,6	5,7	4,61
SD-57	CE-06	0,23	0,25	0,10	0,40	0,50	0,527	0,4	0,6	0,50
SD-58	JA-64	0,30	0,32	0,15	0,35	0,50	0,501	0,6	0,7	0,55
SD-59	JA-19	0,15	0,16	0,13	0,37	0,50	0,510	0,3	0,6	0,48
SD-60	JA-52	0,068	0,074	0,10	0,40	0,50	0,525	0,1	0,6	0,49

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que los microtranques SD-24 y SD-38, corresponden a embalses laterales con muros que sobresalen del terreno (destacados en color salmón), no se considera cuenca aportante y solo se considera el tamaño mínimo de vertedero.

### 6.2.6. Verificación Canal de Descarga Vertedero

El presente acápite, tiene por objetivo verificar que los canales de descarga de los 60 micro tranques, tienen capacidad suficiente para descargar la crecida de período de retorno de 150 años.

En principio, todos los canales fueron diseñados con una base de 1 metro de ancho, taludes 1/1, 1 metro de profundidad, una revancha de 10 cm, una pendiente de fondo de 0,001 y revestidos con mampostería.

La verificación se hará calculando las alturas normales para los caudales de verificación, es decir, para T=150 años, considerando un coeficiente de rugosidad de 0,018. Con la geometría y rugosidades indicadas, el caudal máximo admisible es de 2.278 l/s, lo que es suficiente para 49 de los 60 tranques. En el Anexo 6-11, se adjunta el cálculo correspondiente.

Fue necesario modificar la geometría para los siguientes tranques: SD-04, SD-05, SD-09, SD-12, SD-18, SD-21, SD-36, SD-41, SD-42, SD-48 y SD-56. En el Cuadro 6.2.6-1, se entregan los resultados, cuyos cálculos de verificación se entregan también en el Anexo 6-11. En todos los casos, se mantuvo el talud de 1/1 y la profundidad de 1 metro, modificando solo la pendiente y/o la base, salvo en dos casos

que fue necesario aumentar la profundidad. Por tratarse de caudales muy eventuales y de verificación, se aplicó el criterio de velocidad máxima 5 m/s.

**CUADRO 6.2.6-1  
LARGO Y DESNIVEL DE SISTEMAS DE IMPULSIÓN DESDE CAPTACIÓN**

Tranque	Caudal T=150 (m <sup>3</sup> /s)	Pendiente (m/m)	Base (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)
SD-04	2,314	0,002	1	1	1,48
SD-05	13,315	0,010	1,5	1,2	4,19
SD-09	4,652	0,005	1	1	2,49
SD-12	5,781	0,007	1	1	2,98
SD-18	8,073	0,013	1	1	4,09
SD-21	8,585	0,015	1	1	4,38
SD-36	6,863	0,010	1	1	3,56
SD-41	2,295	0,002	1	1	1,48
SD-42	21,564	0,011	1,5	1,5	4,91
SD-48	3,094	0,002	1	1	1,60
SD-56	3,343	0,003	1	1	1,89

Fuente: Elaboración propia.

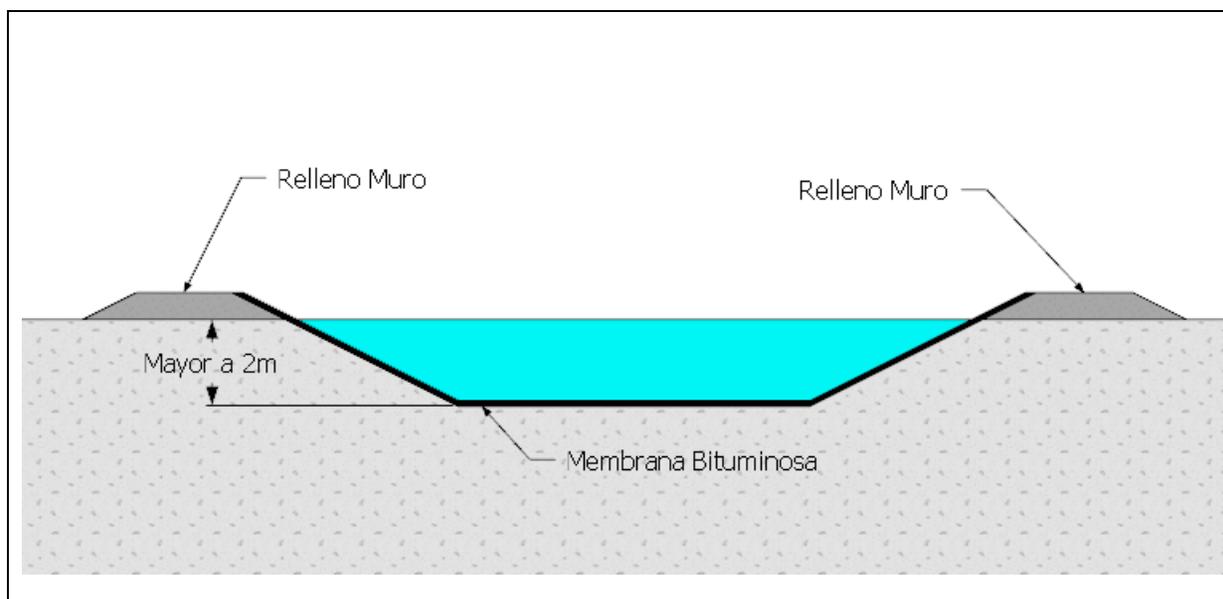
### 6.3. SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

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.



**FIGURA 6.3-1**

**ESQUEMA OBRAS DE IMPERMEABILIZACIÓN PARA TRANQUES EXCAVADOS**

Fuente: Elaboración propia.

**6.4. SISTEMAS DE IMPULSIÓN**

**6.4.1. Generalidades**

Debido al desnivel desfavorable presente en varios sitios, se requiere impulsar el agua desde su fuente de agua, hasta el tranque acumulador, y desde el tranque acumulador hasta el sector de riego cuando sea necesario.

**6.4.2. Criterios para la Elección de Bomba**

Debido a que no existe 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 considerando los cultivos seleccionados 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 lo visto en terreno y topografía existente.

El dimensionamiento de los paneles solares y de la bomba se realiza considerando la radiación solar dentro de la Región del Maule. Para el caso de la captación, se debe cumplir que el volumen de agua impulsada durante la temporada de invierno sea mayor o igual a la capacidad del tranque. Para las bombas de riego, el volumen impulsado durante los meses de verano debe ser igual o superior a la demanda mensual total de agua para riego.

### 6.4.3. Impulsión Desde Captación

#### 6.4.3.1. Prediseño

Longitud y desnivel por sitio, se muestran en el Cuadro 6.4.3.1-1.

**CUADRO 6.4.3.1-1  
LARGO Y DESNIVEL DE SISTEMAS DE IMPULSIÓN DESDE CAPTACIÓN**

Sitio	Longitud tubería (m)	Desnivel (m)
SD-22	60	3
SD-24	75	10
SD-30	850	10
SD-32	340	5
SD-34	600	5
SD-37	60	4
SD-38	15	5
SD-44	15	5
SD-49	20	4

Fuente: Elaboración propia.

Con el desnivel geométrico y longitud de tuberías es posible realizar un pre diseño y obtener un requerimiento para la bomba. El requerimiento se presenta en el Cuadro 6.4.3.1-2.

**CUADRO 6.4.3.1-2  
REQUERIMIENTO DE BOMBAS DE IMPULSIÓN DESDE CAPTACIÓN**

Alternativas	H requerido (m)	Q requerido (L/s)	Potencia (kwh)	HP
SD-22	8,91	3,00	0,4	0,6
SD-24	16,03	3,00	0,8	1,1
SD-30	22,34	3,00	1,1	1,5
SD-32	15,31	3,00	0,8	1,0
SD-34	15,31	3,00	0,8	1,0
SD-37	9,91	3,00	0,5	0,7
SD-38	10,55	3,00	0,5	0,7
SD-44	10,55	3,00	0,5	0,7
SD-49	9,59	3,00	0,5	0,6

Fuente: Elaboración propia.

Una vez seleccionada la bomba, se estimó que se requieren 12 paneles para hacerla funcionar, a este conjunto lo se le denomina kit. Luego, se calcula el caudal total que impulsa la bomba mensualmente durante la temporada invernal, lo que depende de la radiación solar, en el Cuadro 6.4.3.1-3 se muestran los resultados y el detalle de los cálculos se presenta en el Anexo 6-3. El volumen total que la bomba es capaz de impulsar se compara con la capacidad de cada tranque, lo que permite inferir que en algunos sitios se requiere de dos kits de impulsión para lograr llenar el tranque en la temporada de invierno.

**CUADRO 6.4.3.1-3**  
**CAUDAL MENSUAL DE BOMBA SOLAR**

Mes	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /mes
Abril	97,7	2930
Mayo	93,2	2796
Junio	76,6	2299
Julio	68,0	2041
Agosto	69,6	2089
Septiembre	80,8	2425
Octubre	95,9	2876
TOTAL	581,9	17456

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4.3.2. Obra de Captación

De los sitios que requieren una impulsión desde su fuente de agua, se considera una obra de captación mediante una barrera rustica (fusible) hacia un canal que conduce a una cámara de aducción que permitirá el funcionamiento de la bomba. Se verifica que la posición de la cámara de captación este fuera del rango de crecidas T=100 años, para esto se utiliza la pendiente media del tramo, una sección transversal tipo y se calcula la altura normal del cauce. El detalle de los cálculos se presenta en el Anexo 6-4.

#### 6.4.4. Impulsión a Predio

Dentro de los proyectos, existen sitios que requieren impulsión desde el tranque acumulador hasta la zona de riego, los sitios con sus respectivos requerimientos de longitud y desnivel se muestran en el Cuadro 6.4.4-1.

**CUADRO 6.4.4-1**  
**LARGO Y DESNIVEL DE SISTEMAS DE IMPULSIÓN A PREDIO**

Alternativas	Longitud tubería (m)	Desnivel (m)
SD-03	331	4
SD-07	439	13
SD-08	163	10
SD-09	232	6
SD-12	328	11
SD-19	560	14
SD-20	117	9
SD-22	280	7
SD-23	164	5
SD-25	125	4
SD-29	585	2
SD-30	30	1
SD-33	226	9
SD-34	35	1

**CUADRO 6.4.4-1  
LARGO Y DESNIVEL DE SISTEMAS DE IMPULSIÓN A PREDIO**

Alternativas	Longitud tubería (m)	Desnivel (m)
SD-36	280	20
SD-38	230	11
SD-39	140	5
SD-41	180	13
SD-44	130	6
SD-49	14	1
SD-52	92.2	10
SD-57	260	10
SD-58	123	15
SD-60	125	4

Fuente: Elaboración propia.

Con el desnivel y longitud de tuberías es posible realizar un prediseño y obtener un requerimiento para la bomba. El requerimiento por sitio se presenta en el Cuadro 6.4.4-2. El detalle de los cálculos se presenta en el Anexo 6-3.

**CUADRO 6.4.4-2  
REQUERIMIENTO DE BOMBAS DE IMPULSIÓN A PREDIO**

Alternativas	H requerido (m)	Q requerido (L/s)	Potencia (kwh)	HP
SD-03	12,12	3,00	0,6	0,8
SD-07	22,00	3,00	1,1	1,4
SD-08	16,75	3,00	0,8	1,1
SD-09	14,09	3,00	0,7	0,9
SD-12	19,09	3,00	0,9	1,3
SD-19	20,98	3,00	1,0	1,4
SD-20	17,38	3,00	0,9	1,1
SD-22	18,70	3,00	0,9	1,2
SD-23	17,76	3,00	0,9	1,2
SD-25	17,44	3,00	0,9	1,1
SD-29	21,19	3,00	1,04	1,4
SD-30	16,67	3,00	0,82	1,1
SD-33	18,26	3,00	0,90	1,2
SD-34	16,71	3,00	0,82	1,1
SD-36	27,70	3,00	1,36	1,8
SD-38	18,30	3,00	0,90	1,2
SD-39	11,56	3,00	0,57	0,8
SD-41	19,89	3,00	0,98	1,3
SD-44	12,48	3,00	0,61	0,8
SD-49	6,54	3,00	0,32	0,4
SD-52	16,17	3,00	0,79	1,1
SD-57	17,54	3,00	0,86	1,2
SD-58	21,42	3,00	1,05	1,4
SD-59	10,44	3,00	0,51	0,7

Fuente: Elaboración propia.

Luego seleccionada la bomba, se realizó una verificación del caudal total que impulsa la bomba durante la temporada de riego (por mes) dependiendo de la radiación solar y cantidad de paneles solares. Para este caso se consideran 12 paneles, donde en el Cuadro 6.4.4-3 se observan los resultados. El detalle de los cálculos se presenta en el Anexo 6-3.

**CUADRO 6.4.4-3  
CAUDAL MENSUAL DE BOMBA SOLAR**

Mes	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /mes
Enero	94,3	2829
Febrero	98,8	2965
Marzo	97,1	2914
Noviembre	96,7	2901
Diciembre	101,7	3052

Fuente: Elaboración propia.

## 6.5. VERIFICACIÓN TUBERÍA DE DESCARGA GRAVITACIONAL

El diseño de tuberías dispuestas para riego gravitacional se realiza a través de la ecuación de energía propuesta por Bernoulli, que es presentada a continuación.

$$B_1 = B_2 + \Lambda_f + \Lambda_s$$

Donde  $B_x$  representa la energía en una posición  $x$ , mientras que  $\Lambda_f$  y  $\Lambda_s$  representan las pérdidas friccionales y singulares respectivamente.

Para estimar las pérdidas singulares se utiliza la siguiente expresión

$$\Lambda_s = k_s \frac{v^2}{2g}$$

Donde  $k_s$  es el coeficiente de pérdida singular,  $v$  es la velocidad del escurrimiento y  $g$  es la aceleración de gravedad, mientras que para estimar las pérdidas friccionales se utiliza la expresión.

$$\Lambda_f = \frac{f v^2}{D 2g} L$$

Donde  $D$  es el diámetro de la cañería,  $L$  es la longitud de la conducción y  $f$  es el factor de fricción, que se calcula a partir de la siguiente ecuación.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Esta ecuación se resuelve de manera iterativa, por lo tanto, la ecuación de energía también.

Para realizar el diseño de tuberías dado un nivel de agua en un estanque, es necesario identificar las singularidades presentes en el sistema de conducción y los materiales a utilizar, para poder finalmente iterar sobre los diámetros de cañería a utilizar tal que se obtengan caudales dentro del rango deseado.

Para cada sitio con riego gravitacional se considera una tubería de descarga, esta tubería tendrá una cámara por donde entra el agua, pasa por la tubería y aguas abajo del tranque se encuentra la cámara de salida, por donde el agricultor podrá adosar una tubería o canal para conducir el agua por diferentes zonas del predio.

**CUADRO 6.5-1**  
**CAUDAL DE DESCARGA TUBERÍA HDPE 300 MM**

H Agua (m.c.a)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
0,5	100,6	1,44
2	205,6	2,95
3	253,4	3,64
4	293,8	4,22
5	329,5	4,73

Fuente: Elaboración propia.

## 6.6. CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Las obras a considerar para el prediseño corresponden a las obras de hormigón, como el vertedero, cámara de entrada y cámara de salida. Debido a que las obras corresponden a estructuras menores de hormigón armado, donde éstas no tendrán mayores solicitaciones estructurales más que la misma retracción del hormigón por secado, se considera armadura por retracción y temperatura (armadura mínima).

### 6.6.1. Normas

ACI 318S-05 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentarios.

### 6.6.2. Materiales

Se consideran los siguientes tipos materiales:

- Acero de refuerzo AT56-50H, Malla ACMA Electrosoldada.  
 $F_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$
- Hormigón G-20/H-25  
 $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$

### 6.6.3. Recubrimiento

Se utilizó lo dispuesto por ACI-318.

Superficie en contacto con agua, suelo o roca: 5,0 cm

### 6.6.4. Armadura mínima retracción y temperatura

La norma ACI-318 menciona que, para losas estructurales, la armadura de alta resistencia o armaduras electro soldadas, se debe considerar una cuantía mínima de 0,0018 de la sección bruta del hormigón, y nunca menor a 0,0014. Para este caso (tipo de obras) se considera una cuantía mínima de 0,0014, debido a que las obras no tienen mayores solicitaciones.

**CUADRO 6.6.4-1**  
**ARMADURA MÍNIMA DE REFUERZOS**

Cuantía	Armadura (cm <sup>2</sup> /m)	Malla ACMA
0,0014	1,4	C-139

Fuente: Elaboración propia.

## 6.7. PLANOS DE PERFILES DE OBRAS

Los planos de perfiles de obras se presentan en los anexos del Capítulo 7, en la carpeta 9.12.2 "Planos perfiles de obras".

## 6.8. CUBICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTOS

### 6.8.1. Generalidades

La estimación de los presupuestos de las obras comprometidas en el presente estudio, se elaboran en base a precios unitarios de las principales partidas del proyecto.

Los indicadores monetarios utilizados corresponden a:

Valor Dólar: \$ 681,0 (01 de enero de 2019)

Valor UF: \$ 27.565,79 (01 de enero de 2019)

### 6.8.2. Precios Unitarios

Los precios unitarios fueron determinados de acuerdo con la base de datos propia del Consultor y la recopilación de antecedentes de estudios similares, donde luego estos precios se comparan con los del documento de fomento DT-18 PU Mínimos y máximos para el país. En el Cuadro 6.8.2-1 se observa un resumen de las principales partidas consideradas en el presupuesto. El detalle se presenta en el Anexo 6-6.

**CUADRO 6.8.2-1**  
**RESUMEN PRECIOS UNITARIOS**

Descripción	Unidad	P. Unitario Privado (\$)	PU min Fomento (\$)	PU max Fomento (\$)	PU Final (\$)
Limpieza / Despeje (escarpe) 30 cm	m <sup>2</sup>	801	728	1.225	801
Excavaciones a Máquina	m <sup>3</sup>	2.237	1.650	2.329	2.237
Excavaciones a Mano	m <sup>3</sup>	8.109	7.881	9.943	8.109
Distribución de material con bulldozer	m <sup>3</sup>	2.014	1.338	2.278	2.014
Relleno Compactado con Rodillo	m <sup>3</sup>	1.043	893	1.359	1.043
Transporte a Botadero 5 km	m <sup>3</sup>	2.038	1.686	2.290	2.038
Hormigón 170kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	46.610	48.694	58.470	48.694
Hormigón H-25/G-20	m <sup>3</sup>	79.723	78.613	93.906	79.723
Malla ACMA C-139	m <sup>2</sup>	2.446	3.251	3.506	3.251
Moldaje Estructuras Hormigón Armado	m <sup>2</sup>	6.770	5.642	7.563	6.770
Suministro e Instalación HDPE D=300 mm	m	5.472	-	-	5.472
Bomba Impulsión	Un	6.610.503	-	-	6.610.503
Bomba Riego	Un	6.610.503	-	-	6.610.503
Geomembrana	m <sup>2</sup>	9.606	-	-	9.606
Suministro Tubería PVC	m	2.499	-	-	2.499

Fuente: Elaboración propia.

### 6.8.3. Cubicaciones

Las cubicaciones de los elementos correspondientes a cada obra civil proyectada se realizaron conforme a la topografía existente y la proyección de las obras en el terreno.

Con respecto al movimiento de tierra, estos se obtienen del programa civil 3D donde se consideran las excavaciones de la cubeta, dentellón y canal de salida del vertedero, como a su vez los rellenos de muro y dentellón. Para efectos de esponjamiento se considera un 20% del material excavado. El detalle se presenta en el Anexo 6-7.

Las obras de hormigón armado se calculan con la planilla de cubicaciones según sus dimensiones obtenidas del diseño hidráulico de obras. Estas obras de hormigón corresponden al vertedero, cámaras de entrada, cámara de salida y canal de descarga vertedero. Para efectos de cubicación del acero de refuerzo, se considera una cuantía de 50 kg/m<sup>3</sup>. Para ver planilla de cubicaciones ver Anexo 6-7.

#### 6.8.4. Presupuestos

Los presupuestos en detalle de cada sitio se presentan en el Anexo 6-8 del presente informe. Se considera un 15% para gastos generales y un 15% para Utilidades e imprevistos. En el Cuadro 6.8.4-1 se presenta un resumen del presupuesto de cada sitio.

**CUADRO 6.8.4-1**  
**RESUMEN DE COSTOS MICROTRANQUES**

Sitio	Presupuesto
SD-01	\$ 186.414.381
SD-02	\$ 91.997.803
SD-03	\$ 111.992.884
SD-04	\$ 62.183.796
SD-05	\$ 88.858.229
SD-06	\$ 48.278.333
SD-07	\$ 131.874.215
SD-08	\$ 66.052.704
SD-09	\$ 87.231.795
SD-10	\$ 51.399.619
SD-11	\$ 90.326.581
SD-12	\$ 50.971.283
SD-13	\$ 88.144.310
SD-14	\$ 88.475.961
SD-15	\$ 63.045.498
SD-16	\$ 98.486.015
SD-17	\$ 57.946.996
SD-18	\$ 109.277.846
SD-19	\$ 250.394.711
SD-20	\$ 150.873.174
SD-21	\$ 88.347.603
SD-22	\$ 162.304.899
SD-23	\$ 96.543.969
SD-24	\$ 348.818.933
SD-25	\$ 128.023.368
SD-26	\$ 156.120.743
SD-27	\$ 289.607.316
SD-28	\$ 141.308.916
SD-29	\$ 109.683.681
SD-30	\$ 161.449.339
SD-31	\$ 102.143.107
SD-32	\$ 143.458.060
SD-33	\$ 166.807.927
SD-34	\$ 96.295.046
SD-35	\$ 89.552.049

**CUADRO 6.8.4-1  
RESUMEN DE COSTOS MICROTRANQUES**

<b>Sitio</b>	<b>Presupuesto</b>
SD-36	\$ 89.499.784
SD-37	\$ 165.663.624
SD-38	\$ 169.560.150
SD-39	\$ 142.504.771
SD-40	\$ 41.432.272
SD-41	\$ 60.856.744
SD-42	\$ 122.784.198
SD-43	\$ 58.928.858
SD-44	\$ 151.320.017
SD-45	\$ 33.324.228
SD-46	\$ 53.540.116
SD-47	\$ 68.822.928
SD-48	\$ 45.605.809
SD-49	\$ 77.515.653
SD-50	\$ 52.527.978
SD-51	\$ 70.400.902
SD-52	\$ 134.868.734
SD-53	\$ 79.590.914
SD-54	\$ 38.176.761
SD-55	\$ 49.131.124
SD-56	\$ 30.093.448
SD-57	\$ 75.111.119
SD-58	\$ 91.370.172
SD-59	\$ 50.288.973
SD-60	\$ 88.711.425

Fuente: Elaboración propia.

## 6.9. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

Por último, se presenta la Programación de Actividades y curva ocupacional, desglosadas en las partidas del proyecto. A continuación, se presentan cuatro cronogramas, uno por cada rango de volúmenes de excavación de cubeta, dado que este ítem es el de mayor duración, se consideraron dos máquinas para su ejecución.

**CUADRO 6.9-1**  
**CRONOGRAMA DEL PROYECTO DE HASTA 10.000 M<sup>3</sup>**

Descripción	Duración en Meses			
	1	2	3	4
Instalación de Faenas	X			
Construcción Microtranque				
Limpieza / Despeje (escarpe) 30 cm	X			
Excavaciones a Máquina		X		
Excavaciones a Mano			X	
Distribución de material con bulldozer			X	
Relleno Compactado con Rodillo				X
Transporte a Botadero 5 km				X
Geomembrana				X
Construcción Canal de Desagüe				
Excavaciones a Máquina			X	
Excavaciones a Mano			X	
Moldaje Estructuras Hormigón Armado				X
Construcción Vertedero y Canal evacuador				X
Construcción Obra de Entrega				
Moldaje Estructuras Hormigón Armado			X	
Hormigón H-25/G-20				X
Suministro e Instalación Tubería HDPE D=300 mm			X	

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 6.9-2**  
**CRONOGRAMA DEL PROYECTO ENTRE 10.000 Y 20.000 M<sup>3</sup>**

Descripción	Duración en Meses				
	1	2	3	4	5
Instalación de Faenas	X				
Construcción Microtranque					
Limpieza / Despeje (escarpe) 30 cm	X				
Excavaciones a Máquina		X	X		
Excavaciones a Mano			X		
Distribución de material con bulldozer				X	
Relleno Compactado con Rodillo				X	
Transporte a Botadero 5 km					X
Geomembrana					X

**CUADRO 6.9-2**  
**CRONOGRAMA DEL PROYECTO ENTRE 10.000 Y 20.000 M<sup>3</sup>**

Descripción	Duración en Meses				
	1	2	3	4	5
Construcción Canal de Desagüe					
Excavaciones a Máquina			X		
Excavaciones a Mano			X		
Moldaje Estructuras Hormigón Armado				X	
Construcción Vertedero y Canal evacuador					X
Construcción Obra de Entrega					
Moldaje Estructuras Hormigón Armado				X	
Hormigón H-25/G-20					X
Suministro e Instalación Tubería HDPE D=300 mm				X	

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 6.9-3**  
**CRONOGRAMA DEL PROYECTO ENTRE 20.000 Y 30.000 M<sup>3</sup>**

Descripción	Duración en Meses						
	1	2	3	4	5	6	7
Instalación de Faenas	X						
Construcción Microtranque							
Limpieza / Despeje (escarpe) 30 cm	X						
Excavaciones a Máquina		X	X	X	X		
Excavaciones a Mano				X	X		
Distribución de material con bulldozer					X		
Relleno Compactado con Rodillo					X		
Transporte a Botadero 5 km						X	
Geomembrana						X	
Construcción Canal de Desagüe							
Excavaciones a Máquina					X		
Excavaciones a Mano					X		
Moldaje Estructuras Hormigón Armado						X	
Construcción Vertedero y Canal evacuador							X
Construcción Obra de Entrega							
Moldaje Estructuras Hormigón Armado						X	
Hormigón H-25/G-20							X
Suministro e Instalación Tubería HDPE D=300 mm						X	

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 6.9-4  
CRONOGRAMA DEL PROYECTO ENTRE 30.000 Y 40.000 M<sup>3</sup>**

Descripción	Duración en Meses							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Instalación de Faenas	X							
Construcción Microtranque								
Limpieza / Despeje (escarpe) 30 cm	X							
Excavaciones a Máquina		X	X	X	X	X		
Excavaciones a Mano					X	X		
Distribución de material con bulldozer						X		
Relleno Compactado con Rodillo						X		
Transporte a Botadero 5 km							X	
Geomembrana							X	
Construcción Canal de Desagüe								
Excavaciones a Máquina						X		
Excavaciones a Mano						X		
Moldaje Estructuras Hormigón Armado							X	
Construcción Vertedero y Canal evacuador								X
Construcción Obra de Entrega								
Moldaje Estructuras Hormigón Armado						X		
Hormigón H-25/G-20							X	
Suministro e Instalación Tubería HDPE D=300 mm						X		

Fuente: Elaboración propia.

## 6.10. RECOMENDACIONES

Luego de realizados los diseños preliminares, se considera importante realizar recomendaciones respecto de las prospecciones que puedan ser de utilidad en este tipo de obras, a fin de mejorar la calidad de la información en base a la que se elabora el proyecto.

Con respecto a los trabajos geotécnicos, los ensayos están dirigidos en establecer las propiedades de resistencia al corte y esfuerzo deformación válidas para un análisis estático y pseudoestático del muro, además de conocer la capacidad de soporte del suelo de fundación y su permeabilidad. Para el diseño de este tipo de obras de almacenamiento, se recomiendan los siguientes ensayos:

- 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.

Se recomienda considerar dos calicatas con ensayos en el eje del muro cada 500 m<sup>2</sup> de superficie y tres calicatas entre 500 m<sup>2</sup> y 1.000 m<sup>2</sup>. Sobre 500 m<sup>2</sup> 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.

## **CAPÍTULO 7**

### **CARPETAS DE MICROTRANQUES**

## **7. CARPETAS DE MICROTRANQUES**

En el Anexo 7-1 se presentan las carpetas técnicas y administrativas de cada uno de los proyectos, ordenadas según lo indicado a continuación, siendo numeradas según los Anexos de la Ley de Riego:

- 9.1 Plano Ubicación del Proyecto
- 9.2 Identificación Área de Riego
- 9.4.1 Análisis Hidrológico
- 9.5 Prediseños y Cálculos Hidráulicos
- 9.6 Prediseños de Obras Complementarias
- 9.9 Cubicaciones
- 9.10.1 Estimaciones de Presupuesto
- 9.12.2 Planos Perfiles de Obras
- 9.13.1 Cálculo Superficie  
Antecedentes Administrativos

Dentro de cada carpeta, en el Anexo 9.12.2 Planos de Perfiles de Obras, se presentan los planos en las carpetas SD-XX, para cada uno de los proyectos. Esa carpeta contiene los planos:

- SD-XX-01 Topografía
- SD-XX-02 Planta Diseño, Perfiles Longitudinales y Detalles
- SD-XX-03 Perfiles Transversales Zona de Inundación y Muro\*
- SD-XX-04 Perfiles Transversales y Longitudinal Canal de Descarga
- SD-XX-05 Planta Captación (se presenta solo en los puntos de captación que están fuera del área del proyecto).

(\*): En los proyectos de tranques laterales el plano SD-XX-03, incluye perfiles transversales de Inundación y canal de descarga.

## **CAPÍTULO 8**

### **ACTIVIDAD DE CIERRE**

## 8. ACTIVIDAD DE CIERRE

### 8.1. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

La actividad de cierre tuvo como objetivo hacer entrega a los beneficiarios de las carpetas técnicas y administrativas resultantes del Estudio, y presentar información de interés respecto del seguimiento de los derechos de aprovechamiento de aguas y los pasos a seguir para la postulación de los proyectos a los concursos de la Ley 18.450.

Dada la dispersión de los beneficiarios a lo largo de la región se realizaron dos actividades, ambas con fecha 25 de febrero de 2020:

- Sector Maule Norte: actividad realizada a las 11:30 horas, en el Centro Cultural Hualañé, ubicado en Libertad 299, Hualañé.

-Sector Maule Sur: Actividad realizada a las 18:39 horas en Hotel Maule, Antonio Varas 545, Cauquenes.

La convocatoria fue realizada telefónicamente y utilizando medios digitales, tal como se acordó con la contraparte, y en aquellos casos en que los beneficiarios no tienen teléfono se les hizo llegar la invitación de manera personal. En el Anexo 8-1, se adjuntan las invitaciones distribuidas y la lista de recepción de aquellas entregadas personalmente se presenta en el Anexo 8-2.

La actividad se desarrolló de acuerdo al programa establecido previamente entre el consultor y la CNR, siguiendo los tiempos y protocolos determinados para este tipo de actividades. En el Cuadro 8.1-1 se presenta el programa del cierre.

**CUADRO 8.1-1  
PROGRAMA ACTIVIDAD DE CIERRE**

Tiempo	Actividad	Ejecutor
30 minutos	Inscripción asistentes	Arrau Ingeniería (Equipo Consultor)
5 minutos	Inicio Actividad	Moderador Arrau Ingeniería
15 minutos	Saludo Institucional	Autoridad Regional CNR
30 minutos	Breve presentación resultados del estudio	Coordinador Estudio CNR
30 minutos	Participación y preguntas	Moderador Arrau Ingeniería
10 minutos	Cierre Actividad	Coordinador del Estudio, CNR
30 minutos	Entrega de carpetas	(Equipo Consultor)
45 minutos	Refrigerio	(Equipo Consultor)

Fuente: Equipo Consultor.

Ambas actividades se realizaron sin inconvenientes y de acuerdo a lo planificado previamente, en cada caso se respondieron consultas y aclararon las dudas de los beneficiarios respecto de los pasos a

seguir tanto para el seguimiento de los derechos de aprovechamiento de aguas, como de una futura postulación al financiamiento de la Ley 18.450.

En el caso de la reunión del sector Maule Norte, realizada en la comuna de Hualañé, se contó con la asistencia de 19 personas (5 mujeres y 14 hombres), correspondientes a beneficiarios y acompañantes, además de profesionales de PRODESAL de Hualañé. Para la reunión correspondiente a Maule Sur realizada en la comuna de Cauquenes, la asistencia total fue de 28 personas (10 mujeres y 18 hombres) considerando: beneficiarios, asistentes, y un profesional de INDAP. Respaldo de los registros de asistencia de ambas actividades se presenta en el Anexo 8-3.

En ambas reuniones, luego de la presentación y la respuesta a las consultas se procedió con la entrega de las carpetas de antecedentes técnicos y administrativos a cada beneficiario, quedando pendientes de entrega un total de 10 carpetas pendientes de entrega en Hualañé y 5 carpetas en Cauquenes. Las carpetas rezagadas se entregaron al Coordinador CNR quien coordinará la entrega a través de la oficina CNR de la Región del Maule. El registro de entrega de carpetas, se incorpora en el Anexo 8-4.

En la Figura 8.1-1 se presentan algunas imágenes de las actividades.



**FIGURA 8.1-1. IMÁGENES REUNIONES DE ENTREGAS DE RESULTADOS**

Fuente: Equipo consultor.

## 8.2. COMENTARIOS

Durante una de las actividades, específicamente la realizada en Cauquenes, quedó de manifiesto que existía confusión en los beneficiarios respecto de los alcances reales del estudio, situación que no se presentó en la reunión desarrollada en la comuna de Hualañé. Esta situación apuntaba tanto al proceso de materialización de los tranques de acumulación como a la obtención de los derechos de aprovechamiento de aguas.

Según la experiencia del equipo consultor, estas confusiones se desprenden de la forma en que se da inicio a estos estudios, tomando contacto directamente con INDAP para la identificación de potenciales beneficiarios, desarrollando una especie de “puerta a puerta” para ofrecer de forma directa y particular la posibilidad de participar en la iniciativa, situación en que si bien se explican los alcances que esta tendría, no existe la entrega de material relativo a estos alcances (buscando no crear falsas expectativas) y generando en ocasiones que el agricultor se interese en función de las expectativas propias que surgen de la necesidad de acceder a una posibilidad de acumular agua y no necesariamente a lo que el equipo que lo visita le explica respecto del proceso.

En este escenario, y considerando que la situación de escasez hídrica que afecta a la agricultura presenta como una alternativa este tipo de iniciativas, las cuales ya se han desarrollado anteriormente en otros lugares y que podrían implementarse en nuevos territorios a futuro, se recomienda considerar la relevancia de las actividades de participación como paso previo a la identificación de los beneficiarios.

Reuniones de participación como instancia de acercamiento e identificación de potenciales interesados en participar en una iniciativa de este tipo, si bien pudiesen despertar interés basado en una expectativa personal de los agricultores, permite en dicha instancia limitar esas expectativas, acotarlas a lo que realmente involucra la iniciativa, explicar los reales alcances y procesos asociados al proyecto, obteniendo así un conjunto de potenciales beneficiarios que conociendo todos la misma información, podrán participar del proceso sin esperar resultados que no obtendrán.

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, al momento de entregar los productos, los beneficiarios no sientan que recibieron algo diferente a lo que ellos esperaban.

## **CAPÍTULO 9**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 9. 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 la entrega de perfiles de proyectos compuestos por carpetas técnicas y administrativas, insumo fundamental para una futura postulación a la Ley 18.450. Además, el inicio de la tramitación de la solicitud de derechos de aprovechamiento de aguas, en un escenario de cambio climático y con el marco legal vigente, abre la posibilidad de aumentar su seguridad de acceso al agua de regadío en un futuro cercano.

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, quedaron de 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 inician 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, basados en sus propias necesidades creando expectativas que no necesariamente responden a la realidad de los alcances del estudio.

Se recomienda, en caso de futuros 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 arenos limosos, arenos 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 m<sup>2</sup> de superficie y tres calicatas entre 500 m<sup>2</sup> y 1.000 m<sup>2</sup>. Sobre 500 m<sup>2</sup> 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 alcanzará 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.