



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

ESTUDIO DE SOLUCIONES DE SANEAMIENTO RURAL

INFORME FINAL

Tomo I



SANTIAGO, Mayo de 2007



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<u>1 INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>9</u>
<u>2 LEGISLACIÓN, REGLAMENTACIÓN, NORMATIVA Y EXIGENCIAS.....</u>	<u>12</u>
<u>2.1 CONSIDERACIONES RESPECTO DEL RECURSO HÍDRICO.....</u>	<u>12</u>
<u>2.2 AGUA POTABLE RURAL.....</u>	<u>14</u>
<u>2.3 SANEAMIENTO RURAL.....</u>	<u>19</u>
<u>2.4 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS.....</u>	<u>20</u>
<u>2.5 MARCO LEGAL Y NORMATIVA ATINGENTES AL SANEAMIENTO.....</u>	<u>22</u>
<u>2.5.1 MARCO REGULATORIO LEGAL.....</u>	<u>22</u>
<u>2.5.2 NORMATIVA VIGENTE.....</u>	<u>33</u>
<u>3 CATASTRO INSTITUCIONAL.....</u>	<u>36</u>
<u>3.1 INSTITUCIONES VISITADAS.....</u>	<u>37</u>
<u>3.1.1 MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, MOP.....</u>	<u>37</u>
<u>3.1.2 MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN Y COOPERACIÓN, MIDEPLAN.....</u>	<u>38</u>
<u>3.1.3 SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO REGIONAL, SUBDERE.....</u>	<u>40</u>
<u>3.1.4 MINISTERIO DE SALUD, MINSAL.....</u>	<u>40</u>
<u>3.2 CASOS CATASTRADOS.....</u>	<u>41</u>
<u>3.2.1 COMUNA DE SAN PEDRO.....</u>	<u>41</u>
<u>3.2.2 COMUNA DE PICHIDEGUA.....</u>	<u>43</u>
<u>3.2.3 COMUNA DE CHOL – CHOL (EX COMUNA DE NUEVA IMPERIAL).....</u>	<u>44</u>
<u>3.2.4 COMUNA DE OLMUÉ Y LIMACHE.....</u>	<u>45</u>
<u>4 DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DE SOLUCIONES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO RURAL</u>	<u>47</u>
<u>4.1 INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>47</u>
<u>4.2 DEMANDA ACTUAL DE SOLUCIONES DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO RURAL EN TÉRMINOS TERRITORIALES Y POBLACIÓN INVOLUCRADA.....</u>	<u>48</u>
<u>4.3 DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DE SANEAMIENTO.....</u>	<u>53</u>
<u>4.3.1 INFORMACIÓN BÁSICA.....</u>	<u>54</u>
<u>4.3.2 ESTRUCTURACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO.....</u>	<u>56</u>
<u>4.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN OBJETIVO.....</u>	<u>63</u>
<u>4.3.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL EN OPERACIÓN.....</u>	<u>65</u>
<u>4.4 RESUMEN DE LA DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DE SANEAMIENTO RURAL.....</u>	<u>67</u>
<u>5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN COMUNIDADES RURALES CON POBLACIÓN CONCENTRADA, SEMI-CONCENTRADA O DISPERSA.....</u>	<u>69</u>
<u>5.1 INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>69</u>



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

<u>5.2 FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y COMPONENTES UNITARIAS REQUERIDAS DE TRATAMIENTO.....</u>	<u>69</u>
<u>5.3 BASES DE CÁLCULO GENERALES.....</u>	<u>70</u>
<u>5.3.1 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN.....</u>	<u>71</u>
<u>5.3.2 DOTACIÓN DE CONSUMO DE AGUA POTABLE.....</u>	<u>71</u>
<u>5.3.3 PERÍODO DE PREVISIÓN.....</u>	<u>72</u>
<u>5.3.4 COEFICIENTES DE CONSUMO. TIEMPO DE BOMBEO.....</u>	<u>72</u>
<u>5.3.5 DESINFECCIÓN.....</u>	<u>73</u>
<u>5.3.6 VOLUMEN DE REGULACIÓN.....</u>	<u>73</u>
<u>5.3.7 PRESIONES DE SERVICIO.....</u>	<u>74</u>
<u>5.3.8 MATERIALES A EMPLEAR.....</u>	<u>74</u>
<u>5.4 CARACTERÍSTICAS Y TAMAÑO DE LA SOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....</u>	<u>74</u>
<u>5.5 IDENTIFICACIÓN DE OBRAS GENERALES.....</u>	<u>76</u>
<u>5.5.1 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....</u>	<u>76</u>
<u>5.5.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN TIPO.....</u>	<u>76</u>
<u>5.6 COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL.....</u>	<u>96</u>
<u>5.6.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN EN SERVICIOS DE AGUA POTABLE.....</u>	<u>97</u>
<u>5.7 COSTOS DE INVERSIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL.....</u>	<u>106</u>
<u>6 RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS SERVIDAS.....</u>	<u>113</u>
<u>6.1 INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>113</u>
<u>6.2 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES.....</u>	<u>114</u>
<u>6.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS SERVIDAS.....</u>	<u>115</u>
<u>6.3.1 SISTEMAS RURALES DESCENTRALIZADOS.....</u>	<u>115</u>
<u>6.3.2 SISTEMAS RURALES CENTRALIZADOS.....</u>	<u>152</u>
<u>6.4 PRINCIPALES CONCLUSIONES.....</u>	<u>213</u>
<u>7 DEFINICIÓN ÁMBITO SOCIAL.....</u>	<u>214</u>
<u>7.1 INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>214</u>
<u>7.2 ANTECEDENTES.....</u>	<u>217</u>
<u>7.3 SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL.....</u>	<u>218</u>
<u>7.3.1 NÚMERO DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL.....</u>	<u>218</u>
<u>7.3.2 NATURALEZA JURÍDICA DE LAS ORGANIZACIONES OPERADORAS DE SERVICIOS DE APR.....</u>	<u>222</u>
<u>7.3.3 SITUACIÓN JURÍDICA DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL..</u>	<u>226</u>
<u>7.4 GESTIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL.....</u>	<u>227</u>
<u>7.4.1 EJEMPLOS DE ORGANIZACIONES COMUNITARIAS OPERADORAS DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL.....</u>	<u>227</u>
<u>7.4.2 CAPACIDAD DE GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LOS APR.....</u>	<u>232</u>



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

<u>7.5 ASPECTOS RELEVANTES A CONSIDERAR EN EL ÁMBITO SOCIAL.....</u>	<u>237</u>
<u>8 DETERMINACIÓN DE TARIFA MÍNIMA PARA AGUA POTABLE Y AGUAS SERVIDAS.....</u>	<u>240</u>
<u>8.1 INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>240</u>
<u>8.2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO AP Y AS.....</u>	<u>241</u>
<u>8.3 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AGUA POTABLE RURAL (AP).....</u>	<u>243</u>
<u>8.3.1 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AP CASOS 1 Y 2</u>	<u>243</u>
<u>8.3.2 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AP CASOS 3 Y 4</u>	<u>247</u>
<u>8.3.3 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AP CASOS 5 Y 6.....</u>	<u>251</u>
<u>8.4 RESUMEN Y EVALUACIÓN DE TARIFAS MÍNIMAS AP.....</u>	<u>255</u>
<u>8.5 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AS.....</u>	<u>256</u>
<u>8.5.1 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS SOLUCION INDIVIDUAL.....</u>	<u>256</u>
<u>8.5.2 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS LODOS ACTIVADOS.....</u>	<u>258</u>
<u>8.5.3 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS LAGUNA AEREADE MULTICELULAR.....</u>	<u>261</u>
<u>9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....</u>	<u>264</u>
<u>9.1 INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>264</u>
<u>9.2 DEFINICIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.....</u>	<u>266</u>
<u>9.3 RESPONSABILIDAD DEL ESTADO EN GARANTIZAR QUE LAS COOPERATIVAS CUMPLAN SU LABOR.....</u>	<u>269</u>

ÍNDICE DE CUADROS E ILUSTRACIONES

CUADRO N° 4.1.....	49
Resultados de Población. Censo 2002.....	49
CUADRO N° 4.2.....	50
Resultados de Vivienda. Censo 2002.....	50
CUADRO N° 4.3	50
Composición de la Población a Nivel Nacional.....	50
CUADRO N° 4.4	52
Distribución de Población Según Tipo de Asentamiento.....	52
CUADRO N° 4.5.....	53
Distribución de Viviendas Según Tipo de Asentamiento.....	53
CUADRO N° 4.6.....	54
Resumen de Viviendas Según Abastecimiento de Agua. Año 2002.....	54
CUADRO N° 4.7.....	54
Resumen de Viviendas Según Disposición de Aguas Servidas. Año 2002.....	54
CUADRO N° 4.8.....	58
Segmentos de Viviendas en Caserío sin Abastecimiento de Agua por Red a Nivel Nacional.....	58
CUADRO N° 4.9.....	59
Segmentos de Viviendas en Otros Asentamientos sin Abastecimiento de Agua por Red a Nivel Nacional.....	59



**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

KRISTAL
Ingeniería Ambiental

CUADRO N° 4.10.....	59
Demanda por sistemas de Abastecimiento de Agua Potable Rural a nivel Nacional.....	59
CUADRO N° 4.11.....	62
Demanda Total por sistemas de Saneamiento Rural.	62
CUADRO N° 4.12.....	64
Estructura estimada de la Demanda de la Población Rural Sin Abastecimiento de Agua por Red a Nivel Nacional.....	64
CUADRO N° 4.13.....	65
Caracterización de Servicios de Agua Potable Rural a Diciembre de 2005.....	65
CUADRO N° 4.14.....	66
Caracterización de Servicios de Agua Potable Rural Según Número de Arranques.....	66
ILUSTRACIÓN N° 4.1.....	68
Esquema de Solución para el saneamiento Rural.....	68
CUADRO N° 5.5.15.....	75
Demanda de Agua Potable según tamaño de la Población.....	75
CUADRO N° 5.16.....	98
Costos de Operación y Mantencion de Servicios de Agua Potable según Caso N° 1.....	98
CUADRO N° 5.3.....	100
Costos de Operación y Mantencion de Servicios de Agua Potable según Caso N° 2.....	100
CUADRO N° 5.4.....	101
Costos de Operación y Mantencion de Servicios de Agua Potable según Caso N° 3.....	101
CUADRO N° 5.5.....	102
Costos de Operación y Mantencion de Servicios de Agua Potable según Caso N° 4.....	102
CUADRO N° 5.6.....	103
Costos de Operación y Mantencion de Servicios de Agua Potable según Caso N° 5.....	103
CUADRO N° 5.7.....	104
Costos de Operación y Mantencion de Servicios de Agua Potable según Caso N° 6.....	104
CUADRO N° 5.8.....	106
Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 1.....	106
CUADRO N° 5.9.....	107
Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 2.....	107
CUADRO N° 5.10.....	108
Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 3.....	108
CUADRO N° 5.11.....	109
Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 4.....	109
CUADRO N° 5.12.....	110
Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 5.....	111
CUADRO N° 5.13.....	112
Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 6.....	112
CUADRO N° 6.17.....	120



**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

KRISTAL
Ingeniería Ambiental

Alternativas Típicas de Tratamiento de Aguas Residuales en Sistemas Pequeños	
Descentralizados.....	120
CUADRO N° 6.18.....	122
Tipos de Sistemas Locales de Disposición y Reutilización de Aguas Residuales.....	122
CUADRO N° 6.19	127
Parámetro de Diseño.....	127
CUADRO N° 6.20.....	127
Dimensionamiento de una Fosa Séptica.....	127
CUADRO N° 6.21	128
Criterios de Diseño adoptados para el dimensionamiento de una Fosa Séptica.....	128
CUADRO N° 6.22	128
Dimensionamiento de la Fosa Séptica aplicando los Criterios de Diseño adoptados a las Bases de Cálculo.....	128
CUADRO N° 6.23	131
Bases de Cálculo para la Definición de Soluciones.....	131
ILUSTRACIÓN N° 6.2.....	165
Esquema Sistema Zanjas De Oxidación (Extensivo A Aeración Entendida).....	165
CUADRO N° 7.24.....	219
Distribución de los servicios de APR según Número de Arranques.....	219
CUADRO N° 7.25.....	219
Distribución Regional Servicios APR´s según N° Arranques.....	219
CUADRO N° 7.26.....	221
Cooperativas de APR.....	221
CUADRO N° 8.27	243
Resumen de Costos Anuales para los Casos 1 y 2.....	243
GRAFICO N° 8.3.....	244
Distribución Porcentual de los Costos Parciales para cada Escenario.....	244
GRAFICO N° 8.4	245
Desagregación de los Costos de Operación para el Escenario de 100 viviendas.....	245
CUADRO N° 8.28	246
Tarifa Mínima Mensual para los tres Escenarios.....	246
CUADRO N° 8.29	246
Tarifa Mínima Mensual por m ³	246
CUADRO N° 8.30.....	247
Resumen de Costos Anuales para los Casos 3 y 4.....	247
GRAFICO N° 8.5	248
Distribución Porcentual de los Costos Parciales para cada Escenario.....	248
GRAFICO N° 8.6	249
Participación de cada Ítem en el Costo de Operación.....	249
CUADRO N° 8.31	249



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Tarifa Mínima Mensual para los 3 Escenarios.....	249
CUADRO N° 8.32	251
Cálculo de la Tarifa Mínima Mensual por m3.....	251
CUADRO N° 8.33.....	252
Resumen de Costos Anuales para los Casos 5 y 6.....	252
GRAFICO N° 8.7.....	252
Distribución Porcentual de los Costos Parciales para cada Escenario.....	252
GRAFICO N° 8.8	253
Participación de Cada Ítem en el Costo de Operación.....	253
CUADRO N° 8.34	254
Tarifa Mínima Mensual para los 3 Escenarios.....	254
CUADRO N° 8.35	254
Cálculo de la Tarifa Mínima Mensual por m3.....	254
CUADRO N° 8.36	255
Resumen de las Tarifas Mínimas Estimadas para cada Caso y Escenario.....	255
GRAFICO N° 8.37	256
Relación entre precios y cantidad de viviendas para los Casos 1 y 2.....	256
CUADRO N° 8.38.....	257
Resumen de Costos Anuales Soluciones Individuales para los distintos casos.....	257
CUADRO N° 8.39	257
Tarifa Mínima Mensual para los 3 Escenarios.....	257
CUADRO N° 8.40	258
Tarifa Mínima Mensual por m3 para los 3 Escenarios.....	258
CUADRO N° 8.41.....	259
Costos Anuales de una Planta de Lodos Activado.....	259
GRAFICO N° 8.9.....	260
Participación de los costos V/S Población Lodo Activado.....	260
CUADRO N° 8.42	260
Cálculo de la Tarifa Mínima Mensual por m3 Lodo Activado.....	260
GRAFICO N° 8.10	261
Curva de Tarifa v/s Población Lodos Activados.....	261
CUADRO N° 8.43.....	262
Costos Anuales Laguna Aereada Multicelular.....	262
GRAFICO N° 8.11.....	262
Participación de los costos V/S Población Laguna Aerada Multicelular.....	262
CUADRO N° 8.44	263
Calculo de la Tarifa Mínima Mensual por m3 Laguna Aerada Multicelular.....	263
GRAFICO N° 8.12	263
Curva de Tarifa v/s Población Laguna Aerada Multicelular.....	263
FIGURA N° 9.13	268



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Organigrama Básico para una Cooperativa..... 268



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

1 INTRODUCCIÓN

La División de Desarrollo Regional de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, en el marco del Programa de Infraestructura para el Desarrollo Territorial (PIRDT), ha impulsado el desarrollo del estudio “Soluciones de Saneamiento Rural”, el que tiene como objetivo principal normalizar las soluciones de carácter sanitario en asentamientos rurales (poblaciones con menos de 1.000 habitantes), de modo que su implementación permita la infraestructura necesaria para alcanzar el desarrollo económico de un determinado territorio.

Asimismo, considerando que los asentamientos rurales pueden corresponder a localidades concentradas, semi-concentradas o dispersas, el tipo de soluciones de saneamiento a implementar tendrá características específicas, por lo que la normalización de las alternativas técnicas de solución encontradas para su aplicación a los distintos escenarios del ámbito rural, contemplará soluciones sostenibles en el tiempo, en principio operadas y administradas por los mismos beneficiarios.

Al respecto, se debe destacar que las soluciones que deban dar cuenta de poblaciones no dispersas, exigirán que la operación y administración por parte de la población beneficiada se efectúe bajo un sistema definido (Comité, Cooperativa) que cuente con Regulación Orgánica establecida y adecuada a sus objetivos.

A la luz de lo anterior, los objetivos específicos más importantes del estudio son los siguientes:

- Analizar la legislación, reglamentación, normativa y exigencias existentes respecto a las soluciones sanitarias para el ámbito rural atingentes al presente estudio.
- Estimar la demanda de soluciones de agua potable y saneamiento rural en términos territoriales y diversos escenarios de población involucrada.
- Analizar y Seleccionar las alternativas más adecuadas de solución de abastecimiento de agua potable y tratamiento y disposición de aguas servidas en comunidades rurales semiconcentradas o dispersas, considerando aspectos técnicos, financieros, sociales y ambientales.
- Identificar las obras necesarias y definición de diseños tipo para los sistemas de saneamiento en el ámbito rural para ser sometidos a la aprobación técnica de los organismos responsables.
- Proponer, desde el punto de vista social-técnico-económico, los requisitos necesarios para dar a las soluciones planteadas sostenibilidad en el tiempo, caracterizando a la organización que debiera recibir la infraestructura construida.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

A objeto de visualizar de mejor manera la estructura del presente Informe Final, se presenta a continuación un resumen de los principales aspectos involucrados.

○ **Marco Jurídico.**

En este punto se describe la legislación, reglamentación, normativa y exigencias existentes vigentes a la fecha, respecto a las soluciones sanitarias para el ámbito rural, referidas a la producción, tratamiento y distribución de agua potable y recolección, disposición y tratamiento de las aguas servidas.

Para este análisis, se revisó la bibliografía específica al respecto y realizaron entrevistas con distintas instituciones donde se complementó el “Cuestionario a Instituciones”¹ enviado a las mismas con la debida antelación. Las instituciones con que se sostuvieron reuniones y efectuaron consultas fueron las siguientes:

- Ministerio de Obras Públicas, MOP.
- Ministerio de Planificación y Cooperación, MIDEPLAN.
- Subsecretaría de Desarrollo Regional, SUBDERE
- Ministerio de Salud, MINSAL.
- Corporación de Fomento a la Producción, CORFO.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU
- Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, AIDIS, capítulo Chileno.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS.
- Programa Chile-Barrios.

Adicionalmente, se revisó información secundaria proporcionada por algunas de las instituciones durante el desarrollo del estudio.

○ **Catastro Institucional.**

En este punto del Estudio se presentan los principales aspectos y contenidos abarcados en las reuniones sostenidas con las instituciones mencionadas en el punto anterior.

¹ ver Anexo 1.1



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **Determinación de la Población Objetivo.**

En este punto se define y estima la población objetivo del estudio, para lo cual se utilizó como información Base, la existente en el Instituto Nacional de Estadísticas, en la Subsecretaría de Desarrollo Regional y en el Departamento de Programas Sanitarios de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.

○ **Soluciones de Agua Potable.**

En este capítulo se abordan los diseños que darán solución a la demanda por abastecimiento de Agua Potable en el ámbito Rural.

Para ello se consideraron dos premisas básicas (calidad y continuidad) que deben tomarse en cuenta para la formulación de cualquier tipo de solución que tenga por objeto proveer un servicio normalizado de Captación, Tratamiento y Distribución de Agua Potable.

○ **Soluciones de Saneamiento.**

Para la definición de Soluciones de Agua Potable y Saneamiento se realizó una recopilación y evaluación de antecedentes, para a partir de ello definir las alternativas de tratamiento y las ventajas y desventajas asociadas a su aplicación al sector rural. Seguidamente, se definió el tipo de alternativas viables de aplicar en el sector rural y detallaron los criterios de diseño de las mismas.

○ **Definición Ámbito Social.**

Para la definición del ámbito social se realizó una exhaustiva revisión de los estudios y documentos proporcionados por las Instituciones directamente ligadas a este aspecto.

○ **Determinación de la Tarifa Mínima**

En este punto se aplica la metodología de cálculo de tarifa mínima para los casos definidos en el estudio para sistemas de Agua Potable y Aguas Servidas en al ámbito rural.

○ **Conclusiones y Recomendaciones**

En este punto se presentan las principales recomendaciones y conclusiones derivadas del estudio.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

2 LEGISLACIÓN, REGLAMENTACIÓN, NORMATIVA Y EXIGENCIAS

En el presente Capítulo se describe la legislación, reglamentación, normativa y exigencias existentes respecto a las soluciones sanitarias para el ámbito rural que se encuentran vigentes a la fecha, tanto en lo referido a la producción, tratamiento y distribución de agua potable como a la recolección, disposición y tratamiento de las aguas servidas.

En forma previa, y a objeto de poder visualizar de mejor manera el contexto asociado a este aspecto del estudio, se presentan algunas consideraciones de relevancia relacionadas con el recurso hídrico y su utilización.

2.1 CONSIDERACIONES RESPECTO DEL RECURSO HÍDRICO.

De acuerdo a los lineamientos establecidos por el Ministerio de Obras Públicas y la Dirección General de Aguas del Gobierno de Chile, la Política Nacional de Aguas está basada en los siguientes principios fundamentales:

- El agua está definida legalmente como un bien nacional de uso público, esencial para la vida de sus habitantes, para el desarrollo económico-social de la Nación y el medio ambiente. Como tal, corresponde al Estado asumir su especial tutela, a través de las normas reguladoras que garanticen que el aprovechamiento de este recurso se efectúe en beneficio del desarrollo nacional y de la sociedad en su conjunto.
- El aprovechamiento del recurso debe realizarse de forma sustentable y asegurando la protección del medio ambiente asociado.
- **El agua es un bien económico y como tal, el sistema jurídico y económico que regula su uso debe propender a que sea utilizado eficientemente por los particulares y la sociedad. Por ello, los principios de la economía de mercado son aplicables a los recursos hídricos, con las adaptaciones y correcciones que exigen las particularidades específicas de los procesos hidrológicos y la naturaleza de dicho recurso natural.**
- La política gestión del recurso hídrico debe propender a la participación de los usuarios, las organizaciones sociales y el ciudadano común, reflejando de ese modo el carácter de bien social, económico, ambiental y cultural del recurso; y contribuyendo con ello al proceso de profundización democrática en la sociedad.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- La política de aguas debe reconocer la complejidad y especificidad de los procesos hidrológicos, por lo cual sus proposiciones deben estar sólidamente basadas en el conocimiento científico técnico de los mismos.

En el marco de los principios arriba detallados, el gobierno ha definido los principales objetivos de su política de recursos hídricos:

- Asegurar disponibilidad de agua para el abastecimiento de las necesidades básicas de la población.
- **Mejorar la eficiencia de uso a nivel de cuenca hidrográfica, en un marco de factibilidad económica, considerando su condición de bien escaso en gran parte del territorio, y fundamental para la vida y el desarrollo del país.**
- Lograr la localización de este recurso en aquellas demandas que presentan el mayor beneficio económico, social y medioambiental para el país.
- Maximizar el aporte de los recursos hídricos para el crecimiento del país, a través del desarrollo de las fuentes existentes no utilizadas y del reciclaje del agua.
- Disminuir el impacto de la variabilidad hidrológica en las actividades del país.
- Recuperar el pasivo ambiental existente en relación al recurso hídrico y asegurar su desarrollo sin deterioro del medio.
- Minimizar los niveles de conflicto relacionados con el agua y contribuir de ese modo a la paz social.

Considerando sus dimensiones sociales, de equidad y distribución, así como ambientales y otras, la gestión de los recursos hídricos en Chile dista mucho de ser satisfactoria. Por el contrario, el consenso de los especialistas es que el sector adolece de serios problemas estructurales. La percepción generalizada es la de un ámbito no del todo claro, mal regulado, rígido y poco eficiente. Su modernización exige darle dimensión adecuada al tema de la gestión social y ecológicamente sustentable de las aguas. ²

² Juan Pablo Orrego, *Legislación e Institucionalidad para la Gestión de las Aguas*, Terram Publicaciones, 2002



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

2.2 AGUA POTABLE RURAL.

En lo referido al Agua Potable del Sector Rural, la primera conclusión global que se puede extraer una vez efectuado el desarrollo de las principales actividades del estudio, es que no existe ninguna Institución del Estado con competencia exclusiva en materia de servicios sanitarios en el sector.

Después de 40 años en que se suministra agua potable en el sector rural, dicho Programa se sigue llevando adelante solamente con la voluntad política del Gobierno y parlamentarios de los distritos rurales. Al respecto, cabe destacar que las localidades rurales no fueron incluidas en la Ley Sanitaria, que fijó la institucionalidad del Sector Sanitario, debido probablemente a que los servicios rurales no tendrían capacidad de autofinanciamiento. De hecho, las Empresas Sanitarias actualmente atienden sólo el sector Urbano (que comprende el 85% de la población), se rigen por la Ley Sanitaria y una institución reguladora (Superintendencia de Servicios Sanitarios).

En el sector Rural, el sistema funciona mediante Comités y Cooperativas, los que son fiscalizados por el Ministerio de Salud en lo referido a la calidad de servicio y también por el Departamento de Cooperativas del Ministerio de Economía en el caso de las Cooperativas. El funcionamiento de las Cooperativas y Comités de Agua Potable Rural ha ayudado fuertemente a mejorar la organización social de la población rural en términos de solidaridad, participación y fomento del desarrollo de otras organizaciones. Sin embargo, se pudo apreciar que cuando las localidades crecen por encima de cierto tamaño, la relación de los usuarios con el Comité tiende a asemejarse más a la que se tiene en el área Urbana con una Empresa Sanitaria.

Otra debilidad del Sistema Rural es su alta dependencia del Estado, puesto que si bien está previsto que éste invierta en la infraestructura, tiene que disponer adicionalmente recursos por los siguientes conceptos.

- Asesoría a los Comités prácticamente en forma permanente.
- Rehabilitaciones y mejoramientos (generados por problemas de mantenimiento de las obras ante un inadecuado cuidado por parte del Comité).
- Falta de pago del servicio sea por nivel de pobreza de la población rural o por el hecho que la asamblea de la Cooperativa no acepta subir las tarifas en beneficio de los usuarios por debajo del valor de un mínimo aceptable para el buen funcionamiento del sistema.



**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

KRISTAL
Ingeniería Ambiental

A la luz de lo anterior, y a objeto de asegurar continuidad en el funcionamiento y desarrollo de los servicios sanitarios del sector rural, el país requiere a juicio de esta Consultora de una “Institucionalidad del Sector” (tal como en otro momento de la historia se desarrolló exitosamente para el sector urbano), donde esté claramente separado el rol de la explotación y prestación de los servicios con respecto al rol regulador del Estado.

El mejor ejemplo ilustrativo lo constituyen las Empresas Sanitarias concesionarias del servicio de agua potable y de la recolección y disposición de aguas servidas en el sector urbano, las que son fiscalizadas y controladas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), que es el organismo encargado de establecer normas, otorgar concesiones (asociadas a un determinado territorio operacional), aprobar los planes de desarrollo de las empresas sanitarias y fijar las tarifas del sector. Las empresas deben dar cumplimiento a su Plan de Desarrollo, tienen la obligatoriedad de dar servicio en su área de concesión y la tarifa que cobran se fija con el criterio de Costo Marginal de Largo Plazo. El marco legal del sector sanitario está principalmente constituido por los siguientes cuerpos legales: Ley General de Servicios Sanitarios (DFL N° 382/88), Ley de tarifas de servicios sanitarios (DFL MOP N° 70/88), Ley de Subsidio al pago de consumo de agua potable y servicio de alcantarillado (Ley N° 18.778) y Ley que crea la Superintendencia de Servicios Sanitarios (Ley 18.902).

A los servicios de Agua Potable Rural (en adelante APR) se les aplica parcialmente la normativa contenida en la Ley General de Servicios Sanitarios (DFL N° 382, de 1988, del MOP), estando excluidos del régimen de explotación bajo concesión y del régimen tarifario aplicado a los servicios públicos que entregan el servicio a través de las redes exigidas por la urbanización (empresas sanitarias concesionarias).

Los proyectos de Agua Potable Rural surgen del Programa de Inversiones elaborado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), sin perjuicio de que cada vez es mayor la participación de otras instituciones en el desarrollo de los APR. La propiedad de los sistemas de APR es estatal y la administración y operación de los mismos está a cargo principalmente de sistemas de administración comunitaria, constituidos en Comités o Cooperativas asociados a cada sistema o servicio de APR. Una componente clave en la estructura organizacional del Programa de APR es la Unidad Técnica, la que actúa a nivel regional y que básicamente en la mayoría de los casos es delegada en la Empresa Sanitaria de la región y en algunas regiones a la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH). En algunas localidades, los municipios se responsabilizan de esta tarea. Estos organismos técnicos son contratados para prestar asesoría técnica y en su calidad de tales, son responsables de la ejecución del proyecto (desde su fase de preinversión hasta la recepción de la obra) y de la Asistencia Técnica al Comité de APR durante la operación del proyecto ejecutado.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En lo referido al Marco Histórico del Desarrollo del Agua Potable Rural.³, el Programa de Agua Potable Rural se inició en el año 1964, como respuesta a los graves problemas sanitarios y al déficit de abastecimiento de agua potable en las localidades rurales concentradas, y fue desarrollado hasta el año 1970 por la Oficina de Saneamiento Rural dependiente del Servicio Nacional de Salud de la época.

A partir del año 1977 y hasta el año 1989, el Programa estuvo a cargo del Servicio Nacional de Obras Sanitarias (SENDOS), dependiente del Ministerio de Obras Públicas. Al desaparecer este organismo en el año 1989, el patrimonio y la responsabilidad de los servicios construidos quedaron radicados en las respectivas empresas sanitarias creadas como sucesoras de los SENDOS Regionales; en tanto que las funciones de control y administración de los créditos externos contratados por SENDOS con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para el desarrollo del Programa, pasaron a depender, por Ley, de la Dirección de Planeamiento del Ministerio de Obras Públicas.

El desarrollo histórico por etapas conforme los principales hitos ocurridos, puede resumirse del siguiente modo.

- **Período 1964-1970: Primera Etapa BID del Programa Nacional de Agua Potable Rural.**

Para cumplir con el acuerdo contenido en la Carta de Punta del Este, el Ministerio de Salud Pública en representación del Gobierno de Chile, suscribió un convenio de préstamo con el BID, lo que junto con recursos financieros aportados por el Estado, sirvió para la puesta en marcha del Primer Programa o Primera Etapa del Programa Nacional de APR.

Este Programa, a cargo de la Oficina de Saneamiento Rural del Servicio Nacional de Salud, (cuya unidad responsable fue la Oficina de Saneamiento Rural del Ministerio de Salud), permitió a las poblaciones rurales organizarse en Cooperativas de Servicio de Agua Potable. Las cooperativas participaron sólo en el primero de los cuatro préstamos (hasta 1974) ya que luego de éste el BID solicitó que fueran creados Comités de APR, en consideración a que eran menos complejos para su formación y funcionamiento que las cooperativas.

Esta Primera Etapa culminó el año 1970 con una comunidad organizada que participó en la construcción de sus servicios, alcanzando una cobertura del 41 % de la población rural. El monto de inversión de esta Primera Etapa fue de 6 millones de US \$.

³ El presente capítulo está basado en el estudio Ponencia “La Comunidad como Agente de Cambio: Programa Nacional de Agua Potable en Chile”; Denise Charpentier Castro, María Angélica Alegría Calvo, Santiago de Chile..



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **Período 1977-1981: Segunda Etapa BID del Programa Nacional de Agua Potable Rural.**

En Marzo del año 1975, se traspasaron las funciones que cumplía la Oficina de Saneamiento Rural (OSR) a la Dirección de Obras Sanitarias (DOS), que más tarde se convertiría en el Servicio Nacional de Obras Sanitarias, SENDOS.

Esta Segunda Etapa se llevó a cabo entre los años 1977 y 1981, con la participación del SENDOS como entidad ejecutora, y se logró una cobertura del 48% de la población rural concentrada, beneficiando a un total de 88.140 habitantes. El monto de inversión de esta Segunda Etapa fue de 16,5 millones de US\$.

○ **Período 1982-1985: Tercera Etapa BID del Programa Nacional de Agua Potable Rural.**

La Tercera Etapa se desarrolló entre los años 1981 y 1985 siendo SENDOS igualmente la unidad ejecutora.

La explotación de los servicios construidos es entregada a la comunidad, organizada en Comités de Agua Potable, dependientes de las respectivas Juntas de Vecinos. SENDOS delega en los Comités de Agua Potable la responsabilidad de la administración, operación y mantenimiento de los servicios, puesto que se consideró que la organización comunitaria rural y en particular los comités, constituían un pilar sólido en el progreso del medio rural, ya que su acción se basaba en la autogestión, el esfuerzo común y la participación activa de los asociados.

En efecto, la formación de esta entidad comunitaria, destinada a administrar un servicio de agua potable, generalmente constituye la base de integración que posteriormente hace posible que la población pueda actuar adecuadamente como grupo social, para enfrentar problemas de otra índole y que requieren ser resueltos en conjunto.

Un factor relevante para esta etapa lo constituyó la incorporación de la micromedición como parte de todos los proyectos nuevos, y en todos los servicios existentes, debido a que el cobro de una tarifa que no distingue los consumos reales de cada socio se constituye en un punto de habitual conflicto en la gestión de las organizaciones. Lo anterior implicó la introducción de procesos de cobro, recaudación y facturación en todas las organizaciones.

La cobertura de agua potable rural alcanzada en esta etapa fue de un 65% a nivel nacional. El monto de inversión total para esta Tercera Etapa fue de 34,4 millones de US\$.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **Período 1986-1990: Cuarta Etapa BID del Programa Nacional de Agua Potable Rural.**

La Cuarta Etapa estuvo a cargo de la misma unidad ejecutora y se prolongó hasta el 1990. La cobertura de agua potable rural alcanzó un 80% y el monto de inversión para esta etapa fue de 28,2 millones de US\$.

- **Periodo 1990-1992.**

Durante los años 1990, 1991 y 1992, la responsabilidad del Programa estuvo a cargo de la Dirección de Planeamiento del Ministerio de Obras Públicas.

Al final de este período la cobertura de agua potable alcanzó un valor de 86% y el monto de inversión para esta etapa fue de 5,3 millones de US\$.

- **Año 1993:**

Durante 1993, el programa se desarrolló en análogas condiciones por el MOP, pero bajo la tuición de la Corporación de Fomento de la Producción.

- **Año 1994 a la fecha:**

Terminado el Convenio con el BID el año 1993, y con el fin de darle continuidad al Programa, el año 1994 se inicia en el Ministerio de Obras Públicas la ejecución de los primeros proyectos de Agua Potable Rural financiados con los fondos de Inversión Sectorial de Asignación Regional (ISAR), los que fueron incorporados en el Presupuesto de la Dirección de Planeamiento. Anteriormente (1992 y 1993), los fondos ISAR destinados al Programa, estuvieron asignados a CORFO.

A comienzos de 1994, la población rural ascendía a 2.297.199 habitantes, de los cuales 1.006.736 se ubicaban en el segmento concentrado, con una cobertura de agua potable de 79,4%.

Los Fondos requeridos para el Programa ISAR (Fondos de Inversión Sectorial de Asignación Regional) - A.P.R. creado el año 1994 fueron incluidos en la Ley de Presupuesto con financiamiento Sectorial del Ministerio de Obras Públicas, MOP. Metodológicamente, cada año el MOP pone a disposición de cada Gobierno Regional el listado de los proyectos posibles de ejecutarse y el monto dispuesto para la Región, con el objeto de que dichos proyectos sean priorizados por el Consejo Regional, CORE.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Así, los Gobiernos Regionales definen la prioridad de los proyectos a ejecutar cada año en su ámbito geográfico, cuya elegibilidad está en función de determinados requisitos que deben cumplir las localidades tales como número de habitantes entre 150 y 3.000, densidad mínima de 15 viviendas por Km de red, tener características de localidad o villorrio rural y que el proyecto tenga rentabilidad social.

La ejecución de las obras se hace vía licitación pública y actúa como Unidad Técnica las Empresas de Servicios Sanitarios de cada región, previo Convenio Mandato. La administración de las obras en su etapa de operación se hace a través de los Comités y Cooperativas de APR que se constituyen con personalidad jurídica, como organizaciones autónomas.

Esta modalidad de financiamiento sigue siendo hasta la fecha la principal fuente de recursos para los proyectos de Agua Potable Rural, debiendo destacar que a contar del año 2001, la autoridad ministerial encomendó la responsabilidad del Programa a la Dirección de Obras Hidráulicas, además de otorgarse progresivamente competencia y presupuesto a otros organismos (MIDEPLAN, SUBDERE, etc)

En el Anexo 2.2, Financiamiento Público se analizan y evalúan las fuentes de financiamiento sectoriales y multisectoriales existentes actualmente para el Suministro de Agua Potable y Tratamiento y Disposición de Aguas Servidas en los Sectores Rurales

2.3 SANEAMIENTO RURAL.

Actualmente, algunas localidades rurales organizadas que tienen resuelto su servicio de abastecimiento de agua potable y cuyo comité de administración funciona adecuadamente, han avanzado por iniciativas municipales en la solución de los sistemas de alcantarillado, con algún tipo de solución de tratamiento y disposición de las aguas servidas (fosa séptica y pozo de infiltración para las localidades pequeñas y sistema de tratamiento más convencional en aquellas donde es posible técnica y económicamente).

Sin embargo, la experiencia ha indicado que el funcionamiento de estas soluciones colectivas tiene por lo general problemas de operación, ya sea por problemas de diseño, falta de recursos o fundamentalmente por capacidad técnica y dedicación de los operadores encargados. En ese sentido, la experiencia de plantas de tratamiento derivadas de la priorización de proyectos por parte de los gobiernos regionales no ha sido buena.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Los sistemas de alcantarillado requieren de más recursos e infraestructura que los sistemas de agua potable, lo que obliga a ampliar estos sistemas de alcantarillado en las localidades más pequeñas. Adicionalmente, la explotación adecuada de los sistemas de tratamiento lleva asociado el consecuente aumento de las tarifas, de manera de asegurar los costos de operación requeridos, las que a la larga terminan siendo financiadas por el Estado.

En promedio, se estima que la instalación de un sistema de saneamiento en una localidad con población entre 1000 y 2000 habitantes, requiere de una inversión del orden de US\$ 1.000.000 (sin caseta sanitaria) y US\$ 1.500.000 (con caseta sanitaria).

La inexistencia de una entidad pública responsable ha provocando problemas especialmente en la administración y asistencia técnica a los servicios. En este sentido, la SISS, según la ley, sólo tiene competencia para regular el sector urbano, quedando inhabilitada en la actualidad para regular en este aspecto todo el territorio.⁴

2.4 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS.

Una vez delimitado el entorno del Sector Rural tanto en lo que dice relación con el Agua Potable como el Saneamiento, se presenta a continuación un resumen ordenado alfabéticamente de las principales instituciones relacionadas directas o indirectamente con dichos aspectos.

- **Comisión Nacional del Medio Ambiente.** Vela por el cumplimiento de la normativa medioambiental.
- **Comités de Agua Potable Rural.** Los Comités de Agua Potable Rural se rigen por la Ley N° 19.418, de 1995, Ley sobre Juntas de Vecinos y demás Organizaciones Comunitarias, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado, fue fijado por D.S. N° 58, del 9 de enero de 1997. De acuerdo con esta Ley, los Comités están reconocidos como organizaciones comunitarias funcionales, sin fines de lucro, de duración indefinida y de ilimitado número de socios, y que gozan de personalidad jurídica por el sólo hecho de constituirse conforme a la Ley.
- **Consumidores.** No tienen una directa participación en el esquema de regulación, pero tratándose del sistema de agua potable rural intervienen organizados mediante comités y cooperativas como destinatarios finales o beneficiarios de los respectivos sistemas de agua potable rural.

⁴ Ponencia La Comunidad Como Agente De Cambio: Programa Nacional De Agua Potable En Chile; Denisse Charpentier Castro, María Angélica Alegría Calvo.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **Cooperativas de Agua Potable Rural.** Son Cooperativas aquellas empresas que de conformidad con los principios de la autoayuda, autoadministración y autorresponsabilidad, tienen por objeto mejorar las condiciones económicas de sus socios. Las Cooperativas disponen de un marco regulatorio propio, constituido por la ley del ramo (DFL N°5 de 2004 Ministerio de Economía) y un reglamento, además de normas e instrucciones de carácter contable y administrativo, dictadas por el Departamento de Cooperativas para perfeccionar el funcionamiento de las cooperativas. El Departamento de Cooperativas, dependiente del Ministerio de Economía, es la entidad encargada del fomento y supervisión de las cooperativas, en resguardo de los intereses de los asociados para que el sistema sea menos riesgoso y más transparente.
- **Empresas Sanitarias.** Conforme lo dispone el Art. 52 Bis del DFL 382, ellas podrán establecer, construir, mantener y explotar sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas en el ámbito rural, bajo la condición de no afectar o comprometer la calidad y continuidad del servicio público sanitario.
- **MIDEPLAN.** Tiene como rol el Análisis de Inversiones contenido en la metodología de formulación y evaluación de proyectos de agua potable y en el Manual SEBI, referido a la formulación de proyectos de agua potable rural y saneamiento rural; y su evaluación en el Sistema nacional de Inversiones.
- **Ministerio de Economía.** Dentro de sus funciones le corresponde la fijación de las tarifas del sector urbano, a proposición de la Superintendencia de Servicios Sanitarios.
- **Ministerio de Obras Públicas.** Le corresponde la administración de la legislación en materia de recursos hídricos, la asignación de los derechos de agua y la aprobación de los derechos de concesión para establecer, construir y explotar servicios sanitarios. Sin perjuicio de la participación de otras entidades estatales y privadas, el Ministerio de Obras Públicas es también responsable de la planificación, ejecución y desarrollo del programa de Agua Potable Rural, cuyo objetivo es otorgar el servicio de agua potable a la población rural concentrada y no concentrada.
- **Ministerio de Salud.** Aprueba los diseños de abastecimiento de agua potable y tratamiento de aguas servidas, además de autorizar su funcionamiento una vez construidos.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **Superintendencia de Servicios Sanitarios.** Tiene competencia en el sector urbano, donde realiza funciones relativas al otorgamiento de concesiones sanitarias, fiscalización de los prestadores sanitarios, cálculo de tarifas y control de los Riles. Encargada de fiscalizar a los prestadores sanitarios y del cumplimiento de las normas que le son propias, proponer al Instituto Nacional de Normalización la normativa técnica del sector; determinar las tarifas y proponer los decretos respectivos al Ministerio de Economía, interpretar las disposiciones jurídicas y técnicas contenidas en la legislación, actuar como instancia administrativa para conocer y resolver las discrepancias que se produzcan entre Prestadores y Usuarios, aplicar sanciones y, también, realizar el control de los residuos industriales líquidos, respecto de los Establecimientos Industriales que evacúan a cursos receptores.

A objeto de complementar lo recientemente detallado, en el Anexo 2.3, “Marco Organizacional”, se presenta una descripción de las principales etapas, gestiones y actuaciones contenidas en la temática del agua potable, alcantarillado y saneamiento del sector.

2.5 MARCO LEGAL Y NORMATIVA ATINGENTES AL SANEAMIENTO.

A continuación se presenta el conjunto normativo relacionado con Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Rural, debiendo destacar que en estricto rigor, la mayor parte de esta normativa ha sido elaborada para el Sector Urbano, pero que frente a la escasa regulación disponible en la práctica ha ido implementándose en el sector rural.

2.5.1 MARCO REGULATORIO LEGAL.

Sector Urbano

Ley 18.902 de 1990. Superintendencia de Servicios Sanitarios
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

DS N° 121 de 1991. Aprueba el Reglamento de la Ley General de Servicios Sanitarios
Ministerio de Obras Públicas



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Ley N° 18.885 de 1989. Autoriza al Estado para desarrollar actividades empresariales en materia de agua potable y alcantarillado, y dispone la constitución de sociedades anónimas para tal efecto.
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

D.F.L. N° 70 de 1988. Ley de tarifas de Servicios Sanitarios
Ministerio de Obras Públicas

Sector Rural

Ley N° 18.777 de 1989. Autoriza al Estado para desarrollar actividades empresariales en materia de agua potable y alcantarillado, y dispone la constitución de sociedades anónimas para tal efecto.
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

Ley N° 18.778 de 1989. Establece Subsidio al Pago de Consumo de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado de Aguas Servidas.
Ministerio de Hacienda.

Ley N° 19.338 de 1994. Modifica la Ley N° 18.778, además su reglamento que fue aprobado por el D.S. N° 195 del 19/02/99 y que incorpora el Subsidio a la Inversión.

Ley N° 19.418, de 1995. Ley sobre Juntas de Vecinos y demás Organizaciones Comunitarias, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado, fué fijado por D.S. N° 58, del 9 de enero de 1997. De acuerdo con esta Ley, los Comités están reconocidos como organizaciones comunitarias funcionales, sin fines de lucro, de duración indefinida y de ilimitado número de socios, y que gozan de personalidad jurídica por el sólo hecho de constituirse conforme a la Ley.

DFL N°5 de 2004 Ministerio de Economía,

Sector Urbano y Rural

D.F.L. 382 de 1988. Ley General de Servicios Sanitarios
Ministerio de Obras Públicas

Ley 19.300 de 1994. Bases Generales del Medio Ambiente
Ministerio Secretaría General de la Presidencia



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

DFL 1122 de 1981. Código de Aguas
Ministerio de Justicia

D.F.L. 725 de 1968. Código Sanitario
Ministerio de Salud Pública

Nch 1.333 de 1978. Requisitos de Calidad de Agua para Diferentes Usos.
Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

D.S. 90/00. Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

DS N° 50 de 2002. Aprueba el reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y de alcantarillado.
Ministerio de Obras Públicas.

DS N° 609/98. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.
Ministerio de Obras Públicas.

DS N° 46/02. Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas
Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Nch 409 de 1984. Norma sobre calidad del agua potable.
Ministerio de Salud.

Decreto N°996 Nch 777 de 1971. Agua potable, fuentes de abastecimiento y obras de captación, terminología, clasificación y requisitos.
Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

D.S. 735 de 1969. Requisitos del Agua para Consumo Humano.
Ministerio de Salud.

Circular N° 27 de 1979. Actualización de normas sobre el control de cloro residual en las redes de agua potable.
Ministerio de Salud.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Por la importancia que tienen algunos de los cuerpos normativos citados en el Saneamiento Rural, se presenta a continuación un resumen de los aspectos más relevantes contenidos en los mismos.

○ **D.F.L. 382 Ley General de Servicios Sanitarios Ministerio de Obras Públicas**

Esta norma está orientada a los servicios concesionados o en vías de concesión y se relaciona con el sector rural sólo cuando un servicio se transforma en concesión sanitaria.

Esta ley se encuentra dividida en cuatro títulos y las disposiciones transitorias.

El título 1° se refiere a las disposiciones generales.

De acuerdo a lo establecido en el Art. 1° del referido decreto, éste comprende disposiciones relativas a:

- 1.- Régimen de explotación de servicios públicos destinados a producir y distribuir agua potable y a recolectar y disponer aguas servidas, servicios denominados en adelante, servicios sanitarios.
- 2.- Régimen de concesión para establecer, construir y explotar servicios sanitarios.
- 3.- La fiscalización del cumplimiento de las normas relativas a la prestación de los servicios sanitarios.
- 4.- Las relaciones entre las concesionarias de servicios sanitarios y de éstas con el Estado y los usuarios.

El título 2° regula las concesiones; definiendo sus objetivos, tipos, y regulando a su vez los procedimientos relativos a su otorgamiento, caducidad y transferencia y efectos ante la quiebra del concesionario.

En su Art. 2° encarga la aplicación de la ley a la Dirección Nacional del Servicio Nacional de Obras Sanitarias, en adelante, entidad normativa, sin perjuicio de las atribuciones de los Ministerios de Obras Públicas, de Economía, Fomento y Reconstrucción y de Salud.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Cada concesión de los servicios sanitarios, que la ley divide en cuatro etapas secuenciales pero separadas, corresponde a una facultad presidencial. Se distinguen cinco etapas:

- Derechos de Agua;
- Concesión de Producción de Agua Potable;
- Concesión de Distribución de Agua Potable;
- Concesión de Recolección de Aguas Servidas y
- Concesión de Tratamiento y Disposición Final de Aguas Servidas.

Las últimas cuatro etapas, es decir concesiones deben ser servicios prestados por empresas constituidas como Sociedades Anónimas. Las concesiones de distribución y recolección, que utilizan una red física para cumplir su objetivo, se definen en base a una superficie; las de producción y tratamiento y disposición, que utilizan plantas de determinada capacidad para cumplir su cometido, se definen en base a caudales.

El título 3° determina la forma de explotación de los Servicios Sanitarios.

El título 4° contiene las disposiciones varias.

En lo referido a las disposiciones contenidas en el DFL 382 relevantes en materia de agua potable rural, se pueden señalar las siguientes:

- El artículo 33 dispone que la empresa prestadora de servicios sanitarios estará obligada a prestar servicio a quién lo solicite, sujeto a las condiciones establecidas en la ley y su reglamentación, y, en su caso, en el respectivo decreto de concesión.
- El artículo 34 agrega por su parte que la empresa prestadora de servicios sanitarios está obligada a controlar permanentemente y a su cargo, la calidad del servicio suministrado, de acuerdo a las normas respectivas, y sin perjuicio de las atribuciones de la Superintendencia de Servicios Sanitarios y del Ministerio de Salud.

La empresa prestadora de servicios sanitarios debe garantizar la continuidad y calidad de los servicios, las que sólo podrán ser afectadas por causa de fuerza mayor. Sin embargo podrá afectarse la continuidad del servicio, mediante interrupciones, restricciones y razonamientos, programados o imprescindibles para la prestación de éste, los que deberán ser comunicados previamente a los usuarios. En todo caso, la Superintendencia de Servicios Sanitarios podrá solicitar los antecedentes respectivos y calificar dichas situaciones.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- El artículo 52 Bis del DFL 382, establece que las empresas sanitarias podrán establecer, construir, mantener y explotar sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas en el ámbito rural, bajo la condición de no afectar o comprometer la calidad y continuidad del servicio público sanitario.
- El artículo 55 establece que los prestadores quedarán sujetos a la supervigilancia y control de la autoridad normativa, vale decir, la Superintendencia de Servicios Sanitarios. Para tales efectos, ésta podrá pedir informes e inspeccionar los servicios, requerir los diseños correspondientes a los proyectos incorporados en el programa de desarrollo, revisar y auditar su contabilidad y, en general, adoptar las medidas necesarias para velar por el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias vigentes.

Como se dijo anteriormente, en los servicios de APR se aplica parcialmente la normativa contenida en el DFL N° 382, estando excluidos del régimen de explotación bajo concesión y del régimen tarifario aplicado a los servicios públicos que entregan el servicio a través de las redes exigidas por la urbanización (empresas sanitarias concesionarias) y supervisadas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

○ **DFL 725 Código Sanitario (1968) Ministerio de Salud**

En el párrafo 1 del artículo 1° se declara que el Código Sanitario rige para todos los aspectos relacionados con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes, salvo aquellos sometidas especialmente a otras leyes.

Las normas del libro III del Código Sanitario tratan de la higiene y seguridad del ambiente y lugares de trabajo, y en él se incluyen las siguientes disposiciones de interés para el sector rural.

- El artículo 67 entrega al Servicio Nacional de Salud (SNS) la obligación de velar porque se eliminen o se controlen todos los factores, elementos o agentes del medio ambiente que afecten la salud, la seguridad o el bienestar de los habitantes, conforme a las disposiciones de este código y sus reglamentos.
- El artículo 73 dispone la prohibición de descargar aguas servidas y residuos industriales o mineros en los ríos o lagunas y en cualquier otra fuente o masa de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o para balneario, sin que antes se proceda a su depuración en la forma que señalen los reglamentos.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- El artículo 75 establece la prohibición de usar agua declarada contaminada para la crianza de moluscos y para el cultivo de vegetales y frutos que suelen ser consumidos sin cocer y crecen a ras de la tierra, y agrega en su inciso 2° que no obstante, se podrá usar en el riego agrícola cuando se obtenga la respectiva autorización del SNS, quién determinará el grado de tratamiento que sea necesario en cada tipo de cultivo.
- **DFL 1122 Código de Aguas (1981) Ministerio de Justicia, modificado mediante Ley N° 20017 de fecha 16/06/2005.**

El Código de Aguas establece las formas de administración del agua. Según estas disposiciones, las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, el cual es real y de dominio de su titular, quien puede usar y disponer libremente de él.

El rol regulador y normativo del Estado está centralizado en el organismo denominado Dirección General de Aguas, dependiente del Ministerio de Obras Públicas. Sus principales funciones y atribuciones son:

- Planificar el desarrollo del recurso en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento.
- Otorgar los derechos de aprovechamiento de aguas.
- Investigar y medir el recurso, para lo cual deberá:
 - Mantener y operar el servicio hidrométrico nacional y proporcionar y publicar la información correspondiente;
 - Encomendar a empresas u organismos especializados los estudios o informes técnicos que estime convenientes y la construcción, implementación y operación de las obras de medición e investigación que se requiera;
 - Propender a la coordinación de los programas de investigación que corresponda a las entidades del sector público y a las privadas que realicen estos trabajos con financiamiento parcial del Estado.
- Ejercer la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en éstos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin autorización.
- Supervigilar el funcionamiento de las Juntas de Vigilancia y Organizaciones Usuarias que se señalan más adelante.
- Prevenir o mitigar catástrofes naturales como sequías e inundaciones.
- Entregar directrices a los usuarios para el mejor uso de los recursos y efectuar recomendaciones sobre su conservación.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Se han propuesto algunas modificaciones al Código de Aguas, a fin de fortalecer algunas funciones de la Dirección General de Aguas y propender a un uso más eficiente y equitativo del recurso, así como para asegurar la sustentabilidad del uso del agua en el largo plazo, y la sostenibilidad de ecosistemas relacionados con el agua. Cabe destacar que al ser este organismo un ente no sectorial e independiente de los usuarios, y al no ejecutar obras de aprovechamiento, permite que su rol regulador y normativo pueda desempeñarse con gran independencia. Sin embargo la institucionalidad del agua no está configurada de manera que propenda a una gestión integrada de los recursos agua, suelo, vegetación y medio ambiente asociado. En efecto, la ley no le entrega atribuciones en esta materia a la Dirección General de Aguas

○ **Ley N° 18.778 1989 Ministerio de Hacienda.**

La Ley N°18.778, del 17 de enero del año 1989, estableció un subsidio directo al pago del Consumo de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado de Aguas Servidas, para favorecer a los grupos familiares o clientes residenciales urbanos de escasos recursos, cuyo porcentaje a subsidiar sobre los cargos fijos y variables, no podía ser inferior al 25% ni exceder de 75%, debiendo ser el mismo para los beneficiarios de una misma región que presenten un nivel socioeconómico similar. Igualmente, estableció que dicho subsidio no podía superar un consumo total de 15 m³ al mes.

Esta ley determinó los términos en que se entrega a los usuarios/as residenciales de escasos recursos un subsidio directo al pago de los consumos de agua potable y del servicio de alcantarillado. Dicho sistema de subsidio es administrado por las respectivas municipalidades, las cuales se encargan del proceso de inscripción y selección de los postulantes e informan a las empresas sanitarias la nómina de usuarios favorecidos, con el objeto que la factura refleje en forma separada el monto que deberá ser pagado por el usuario y el monto que será pagado en forma directa por la municipalidad a la empresa sanitaria.

El subsidio es compatible con cualquier otro que pudiese haber percibido o tener derecho el beneficiario/a, conforme con las atribuciones que sobre la materia disponga cada municipalidad. Por ello, el sistema de selección se encuentra establecido en forma general y consiste en un método de caracterización socioeconómica, mediante medición indirecta que permita focalizar la acción social del Estado hacia los sectores más pobres. Ello se logra mediante la ficha CAS, la que posibilita discriminar entre los clientes más pobres y asignar puntajes que posibiliten el reparto equitativo de los diferentes subsidios en base a una distribución.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

La Ficha CAS, que en Abril de este año será reemplazada por la Ficha de Protección Social, es un instrumento de MIDEPLAN, destinado a estratificar socialmente a las familias que postulan a beneficios sociales permitiendo con ello priorizar y seleccionar beneficiarios para los distintos programas sociales, principalmente los subsidios estatales.

Los postulantes al subsidio deben cumplir los siguientes requisitos:

- Encontrarse el grupo familiar y demás personas residentes en la propiedad, en la imposibilidad de pagar el monto total del valor de las prestaciones, atendidas sus condiciones socioeconómicas.
- Encontrarse los/las solicitantes al día en el pago de los servicios.
- Solicitar por escrito el beneficio a la municipalidad respectiva.

El subsidio tiene una vigencia de hasta tres años, pero se puede volver a postular acreditando ante la municipalidad la concurrencia de los requisitos legales.

Este beneficio se extingue cuando deja de concurrir alguno de los requisitos para su otorgamiento, como cambio de domicilio fuera de la comuna, no informar cambios de domicilio dentro de la comuna, atraso en la cancelación de los servicios, renuncia voluntaria del beneficiario/a, etc.

La ley estableció que las modalidades para determinar los montos de los subsidios y los niveles socioeconómicos serían establecidas en el Reglamento, al igual que para aquellos casos en que no exista medición del consumo. El Reglamento fue establecido el año 1998 mediante Decreto 195 del Ministerio de Hacienda, donde se determinó la modalidad y los montos de subsidio a aplicar.

La primera modificación a esta norma se hizo mediante la Ley N° 18899 del 29 de diciembre del año 1989. La segunda modificación fue mediante la Ley N° 19059 del 13 de mayo del año 1991, la que en su parte medular estableció que el subsidio también podía ser aplicable a aquellos usuarios/as que registraran solamente servicio de agua potable, que el porcentaje a subsidiar no podría ser inferior al 40% ni exceder el 75% del consumo de los cargos fijos y variables. Estableció además, que corresponde al Ministerio de Planificación y Cooperación a través de su División Social, recomendar anualmente al Ministerio de Hacienda el número de subsidios por región, los metros cúbicos de consumo a subsidiar, la intensidad del beneficio (parte de la cuenta que financia el Gobierno) y el presupuesto necesario para el financiamiento de los subsidios.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

La siguiente modificación fue a través de la Ley N° 19338, del año 1994, que tuvo por objeto ampliar la cobertura del subsidio, elevando el porcentaje máximo factible de subsidiar a un 85% y elevando también la base de subsidio desde 15 m³ a 20 m³. La ley permitió además incorporar a la población servida por los sistemas de agua potable rurales al beneficio de este subsidio.

En la actualidad, considerando el análisis efectuado por MIDEPLAN referido a que el consumo promedio de un hogar con 4.8 habitantes es de 13 m³/mes, el límite del consumo a subsidiar se ha establecido en 15 m³/mes, no obstante que la ley establece un máximo de 20 m³. En consecuencia, al establecer un valor que corresponde a la realidad del consumo de los grupos más vulnerables o pobres, es posible aumentar la cobertura del subsidio. Igualmente, se ha favorecido con un mayor porcentaje de subsidios a asignar a aquellas regiones administrativas del país en donde las tarifas son más altas (I, II, IV, V, RM y VIII Regiones). Se ha considerado además, beneficiar a grupos vulnerables como la tercera edad, quienes si bien gastan menos del 5% de sus ingresos en la cuenta del agua, se ven perjudicados en su calidad de vida por tener que gastar el mayor porcentaje de sus ingresos en medicina y gastos médicos.

○ **Ley N° 19.338**

Mediante la Ley N° 19338 detallada en el punto anterior, se incorporó adicionalmente el Subsidio a la Inversión, destinado a los sistemas rurales de agua potable. Este permite subsidiar por parte del Estado las inversiones de mejoramiento y ampliación utilizando los fondos que se asignen en la Ley de Presupuestos del MOP en conjunto con el aporte que realicen los Comités y Cooperativas. Cubre la diferencia entre el costo de inversión total y el aporte que efectúen los usuarios. Hasta la fecha, la Dirección de Presupuestos no ha asignado fondos para este subsidio.

○ **Nueva Ley General de Cooperativas**

Esta ley fue dictada mediante el D.F.L N° 5 del año 2004 Ministerio de Economía, y permite a las cooperativas de agua potable rural constituirse legalmente. Dispone que ellas tendrán como objeto específico la dotación de agua potable y alcantarillado para el consumo de sus asociados y de terceros, la producción y distribución de agua potable, la recolección y disposición de aguas servidas, mediante la creación, adquisición, organización y administración de servicios destinados a su cumplimiento.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Asimismo establece que para el cumplimiento de sus objetivos la Cooperativa, sin que la enumeración sea taxativa, podrá realizar cualquiera de las actividades que a continuación se indican:

- 1.- Desarrollar las actividades que se requieran para la captación y tratamiento de agua cruda y su posterior distribución en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas.
- 2.- Desarrollar las actividades que se requieran para la distribución de agua potable, vale decir, realizar la conducción del agua producida hasta su entrega en el inmueble de cada usuario.
- 3.- Desarrollar las actividades que se requieran para la recolección de aguas servidas, mediante la conducción desde el inmueble del usuario hasta el punto de tratamiento o disposición.
- 4.- Desarrollar las actividades que se requieran para la disposición de aguas servidas en cuerpos receptores, en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas.
- 5.- Para los efectos indicados, la Cooperativa podrá ejecutar, administrar y usar a cualquier título, obras y redes de agua potable y alcantarillado, convenir servicios de mantención, asistencia técnica, fijar tarifas conforme a la normativa vigente y obtener las concesiones que sean del caso y, en general, ejecutar los actos y celebrar los contratos necesarios que tiendan directa o indirectamente al cumplimiento de su objetivo.
- 6.- Promover y realizar toda clase de obras de saneamiento ambiental para beneficio de sus asociados o de la comunidad.
- 7.- Adquirir energía eléctrica en baja o alta tensión, combustibles y lubricantes.
- 8.- Distribuir agua potable a sus socios y a terceros no socios, en un volumen adecuado a sus necesidades, privilegiando el servicio que se preste a los socios.
- 9.- Contratar préstamos para el desarrollo de sus actividades y conceder préstamos controlados a sus socios, destinados a financiar extensiones de red de agua potable y alcantarillado y/o conexiones de estas, o para ejecutar obras de saneamiento ambiental en sus propiedades.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

10.- Adquirir maquinarias y materiales para la instalación y/o mejoramiento del servicio de agua potable y alcantarillado, para la extensión de redes y conexiones domiciliarias a ésta, y los demás fines complementarios a la Cooperativa.

11.- Adquirir bienes muebles e inmuebles para la consecución de todos sus fines.

12.- Promover el desarrollo racional de la población y de sus viviendas en su localidad, con un sentido urbanístico de concentración, dentro de los límites adecuados, con el propósito de evitar la extensión desmedida o injustificada de la localidad, hecho que repercutiría en las extensiones de redes, por una parte y por otra, para facilitar a la comunidad el acceso a los distintos servicios y establecimientos que la atiendan.

13.- Estimular la unidad y cohesión de los socios para elevar los niveles de organización, económico, social y cultural, fundado en el espíritu de solidaridad y de práctica de la cooperación mutua.

14.- Perfeccionar la gestión cooperativa, aplicando normas y procedimientos tendientes a lograr su funcionamiento como una empresa económica - social eficiente en su capacidad de generar beneficios a sus socios.

15.- Incorporar a la Cooperativa en la ejecución de Programas de Desarrollo Productivo locales o regionales que beneficien a sus asociados.

16.- Ejecutar en general todos los actos y celebrar todos los contratos que sean indispensables o necesarios para la realización de los fines de la Cooperativa.

2.5.2 NORMATIVA VIGENTE⁵

- **Nch 1.333 Of. 78 (1978) Instituto Nacional de Normalización. Requisitos de Calidad de Agua Para Diferentes Usos**

Corresponde a la principal norma de requisitos de calidad de agua para usos determinados existente en Chile, y establece requisitos de calidad para el uso de las aguas en riego, recreación (con y sin contacto directo), protección de la vida acuática y estética.

⁵ El Marco Legal y Normativo Vigente se encuentra esquematizado en el Anexo 2.1



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Esta norma fija criterios de calidad, en términos de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, de acuerdo con los usos específicos a que se destine el agua, con la finalidad de preservar sus características. Indirectamente, permite proteger el recurso de la degradación producida por la contaminación con residuos de cualquier tipo u origen.

En relación a los requisitos bacteriológicos, la norma NCh 1.333 establece un límite para los coliformes fecales de 1.000 NMP/100 ml. en agua para riego de verduras y frutas que se desarrollan a ras de suelo y que habitualmente se consumen crudas.

- **D.S. 90 (2001). Norma de Emisión para La Regulación de Contaminantes Asociados a Las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.**

Tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores, segregados en cuerpos de agua fluviales (con y sin capacidad de dilución), lacustres y marinos (dentro y fuera de la zona de protección litoral).

El decreto determina además, el programa y plazos de cumplimiento de la norma para las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, para lo cual establece un procedimiento de medición y control (monitoreo, condiciones de extracción, métodos de análisis).

Mediante este decreto, se otorga a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante y a los Servicios de Salud, según corresponda, la facultad de fiscalizar y velar por el cumplimiento de esta norma.

Esta norma establece límites máximos para diversos contaminantes en función del cuerpo receptor.

- **DS N° 46 (2002). Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas**

Tiene como objetivo prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, mediante el control de la disposición de los residuos líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **Nch 409 Norma sobre calidad del agua potable**

Esta norma establece los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos, que debe cumplir el agua potable destinada a la bebida proveniente de cualquier sistema de abastecimiento, junto con los procedimientos de inspección y muestreo para verificar el cumplimiento de lo anterior.

○ **Nch 777 Agua potable, fuentes de abastecimiento y obras de captación, terminología, clasificación y requisitos**

Esta norma establece una clasificación de las fuentes de agua potable según diferentes parámetros de calidad que aparecen establecidos.

Cabe destacar que la normativa es aplicable a cualquier escenario, no existiendo en la práctica una normativa especial para las localidades.

Adicionalmente a la normativa señalada, existen reglamentos que son aplicables al entorno del estudio, entre los que destacan los siguientes:

○ **Decreto 735. Reglamento de los servicios de agua destinados al consumo humano**

Este reglamento contiene disposiciones para los servicios de agua potable que permitan garantizar una calidad adecuada.

○ **Reglamento General de Alcantarillados Particulares**

Este reglamento fue aprobado mediante Decreto Supremo N° 236 de 1926 del ex Ministerio de Higiene, Asistencia y Previsión Social. Su aplicación en la actualidad es menor.

En lo sustancial, dicho reglamento se refiere a la manera de disponer de las aguas servidas caseras, en las ciudades, aldeas, pueblos, caseríos u otros lugares poblados en la que no exista una red de alcantarillado público y de todas las casas habitación u otros edificios públicos o particulares, urbanos o rurales, destinados o destinables a la habitación o a ser ocupados para vivir o permanecer, transitoria o indefinidamente, que no pueden descargar sus aguas residuales a alguna red pública existente.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **Reglamento para Tratamiento de Aguas Servidas Mediante Estanques Sépticos**

Este Reglamento fue aprobado mediante DS N° 288 de 1969 del Ministerio de Salud. En él se autoriza en ciudades y sectores urbanos sin alcantarillado público, y en las zonas suburbanas y rurales.

El uso del sistema de tratamiento primario de aguas servidas mediante la utilización de estanques sépticos prefabricados y elementos accesorios de asbesto-cemento (en la forma y condiciones que se señalan).

En el caso de ciudades y sectores urbanos sin alcantarillado público, la aprobación de los proyectos de instalación de fosas sépticas prefabricadas se ajustará al DS N° 267 de 1980 Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y de Alcantarillado Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Se aplican además las normas y disposiciones citadas anteriormente del Código Sanitario, vale decir, la Circular N° 4/B de 1995 Reglamento de Alcantarillados Particulares y la normativa de emisión vigente.

3 CATASTRO INSTITUCIONAL

En este capítulo se describen los principales aspectos y conclusiones que surgieron de las reuniones sostenidas con las instituciones relacionadas con el presente estudio.

En efecto, durante el desarrollo del estudio se realizaron una serie de reuniones con diversas instituciones relacionadas con aspectos ambientales, técnicos, económicos y/o normativos de abastecimiento de agua potable y saneamiento rural. Posteriormente, se llevaron a cabo visitas a Comités y Municipios que efectúan Gestión de Servicios de Agua Potable y/o Saneamiento, donde se verificó la información recabada anteriormente.

Para una mejor visualización de las actividades realizadas, el presente capítulo se desglosa en los siguientes aspectos.

- Instituciones Visitadas
- Casos Catastrados



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

3.1 INSTITUCIONES VISITADAS

Las instituciones con que se sostuvieron Reuniones de Coordinación fueron las siguientes.

- Ministerio de Obras Públicas, MOP.
- Ministerio de Planificación y Cooperación, MIDEPLAN.
- Subsecretaría de Desarrollo Regional, SUBDERE.
- Ministerio de Salud, MINSAL.
- Corporación de Fomento a la Producción, CORFO.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS.
- Programa Chile-Barrio.
- Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, AIDIS, Capítulo Chileno.

Los principales aspectos analizados y las consecuentes conclusiones obtenidas de las Reuniones sostenidas con las Instituciones arriba detalladas, pueden resumirse del siguiente modo.

3.1.1 MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, MOP.

- En aquellos casos en que existen los sistemas de agua potable en manos de Comités o Cooperativas y los sistemas de aguas servidas en poder de los Municipios, el cobro de las cuentas de los servicios se está realizando por separado, generando como consecuencia que la población cancela sólo el servicio de agua potable y no el de aguas servidas, pues el segundo no lo considera propio.
- Uno de los aspectos que ha ocasionado las mayores deficiencias en la gestión de los sistemas de aguas servidas construidos y traspasados a Comités o Cooperativas constituidas, radica en que no se ha generado previamente una inducción en la población para recibir el sistema. Al respecto, se debe destacar que el éxito del Programa de Agua Potable Rural en Chile, con amplio reconocimiento en el extranjero, se debe entre otras al trabajo que se realiza previamente con la comunidad, así como también el acompañamiento permanente que se realiza con posterioridad a la instalación del sistema.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Frente al tema de la posible gestión separada de los sistemas de agua potable y aguas servidas, la opinión de los profesionales de la Dirección de Obras Hidráulicas, basada en su experiencia y en casos específicos que se mencionan, es que ello no sería aconsejable. Entre otros aspectos se mencionan los siguientes.
 - Se aprovecharía la experiencia de las organizaciones que por años llevan administrando exitosamente los sistemas de agua potable para efectuar gestión integral de saneamiento.
 - Frente a la instalación de un sistema de aguas servidas en una localidad, se debe intervenir previamente el sistema de agua potable.
 - En los servicios sanitarios, ambos sistemas se encuentran naturalmente unidos a través de la cuenta, lo cual sería extensivo al ámbito Rural.
- Las principales diferencias entre Comités y Cooperativas radican en términos simples, en las mayores exigencias administrativas que tienen las Cooperativas para administrar sus recursos y bienes, lo que les obliga a mejorar su gestión. Por otro lado, las Cooperativas funcionan en forma regulada, lo que permite entre otros aspectos sancionar a los asociados por el no cumplimiento de sus obligaciones. Finalmente, la Ley permite también generar asociaciones de Cooperativas.

3.1.2 MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN Y COOPERACIÓN, MIDEPLAN.

- El organismo que se debe hacer cargo de la operación de las plantas de tratamiento de aguas servidas construidas en sectores rurales donde funciona un Comité o Cooperativa de Agua Potable Rural, debe ser dicha organización en forma natural. Para ello, se enfatiza que tales organizaciones deben recibir previamente la correspondiente capacitación tanto en términos técnicos como de gestión.
- Se considera necesario estimar los cargos tarifarios que resultarían en sistemas de agua potable y aguas servidas en el sector rural, considerando que éstos financien sólo la Operación y Mantenimiento, así como también la Reposición de la infraestructura sanitaria.
- Se plantea modificar el alcance de los requerimientos planteados en las Bases del Estudio ofrecido por la Consultora, en lo referido al sistema de evaluación económica al que se someten los Diseños de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para comunidades rurales.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Dicha modificación consistirá en revisar la metodología actual de MIDEPLAN, con el fin de que su aplicación permita estimar las tarifas de autofinanciamiento para las comunidades rurales. Para ello, se recomendó revisar el estudio “Cálculo de la Disposición a pagar por Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas en Zonas Rurales”, recomendando estudiar la manera de cómo actualizar los datos en ella contenidos.

KRISTAL accede al requerimiento y se acuerda que dada la relevancia contractual de la solicitud, el detalle de los alcances definitivos será materia de un acta formal de la reunión.

- Se plantea que la gestión de los sistemas de agua potable y aguas servidas construidos en el sector rural deberían ser de cargo de los Comités o Cooperativas de Agua Potable como una sola actividad y en ningún caso separando la gestión de ambos sistemas.
- Se plantea la necesidad de establecer parámetros de Elegibilidad de Inversión en el sector rural, de modo de poder priorizar las inversiones del Estado. Se indica como ejemplo que las localidades que administrativamente corresponden a zonas urbanas y que no son atendidas por Empresas Sanitarias, aun no tienen resuelto el tema del saneamiento.
- Se solicitan propuestas de sistemas de gestión que se puedan utilizar como modelo en el desarrollo y conclusiones del Estudio.
 - En términos Técnicos. Sistemas cuyas características deban incorporarse como casos especiales (producción de agua potable individual, soluciones de tratamiento y disposición individuales, etc.).
 - En términos de Gestión. Sistemas administrados por Comités, Cooperativas, Municipios o Concesiones, cuya experiencia en la gestión pueda ser incorporada, ya sea esta exitosa o con dificultades.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

3.1.3 SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO REGIONAL, SUBDERE.

La SUBDERE compone una mesa con MINSAL, MINVU, Hacienda, MIDEPLAN, y el MOP, cuyo objetivo es proponer una institucionalidad política establecida que permita una Ley que regule el Sector Rural.

3.1.4 MINISTERIO DE SALUD, MINSAL

- El papel fundamental del MINSAL en el tema del Agua Potable Rural (APR), considerando la actual infraestructura y logística del Ministerio a nivel Nacional, debiera decir relación fundamentalmente con los siguientes aspectos.
 - Transferencia Tecnológica.
 - Promoción y Asesoría Permanente.

Establece que para ello cuenta con la infraestructura de las Postas Rurales a nivel nacional, las mismas que abarcan prácticamente todo el territorio rural nacional.

- Se establece que los SEREMI de Salud intervienen en el proceso de Definición, Aprobación y Provisión de Asistencia Técnica, destacando que este último es abordado muy someramente.
- Con respecto al “Reglamento de Alcantarillados Particulares”, se manifestó que aún se encuentra en etapa de revisión, y que lo allí establecido puede ser tomado solamente como Referencial para la elaboración de Guías Técnicas.
- Se considera la falta de Asistencia Técnica como una de las debilidades más características de los Comités y Cooperativas de los sistemas APR, proponiendo que el seguimiento y apoyo técnico debiera ser permanente.
- Se establece que existe un vacío legal en cuanto a la regulación sanitaria de los Condominios Rurales Particulares, por cuanto no están definidas al presente. Se propone exigir la constitución de organizaciones para poder dar cuenta de este aspecto.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- El rol fundamental del MINSAL con respecto a los sistemas APR es velar por el control de calidad de la Salud Ambiental y la Fiscalización pertinente.
- Los tipos de permisos que certifica el MINSAL, son la Aprobación de los Proyectos y la autorización de Funcionamiento.

Para mayor información de los aspectos principales arriba expuestos, se presenta en el Anexo 3.1, el cuestionario realizado a cada una de las instituciones y en el Anexo 3.2 las Minutas “in extenso” de cada una de las reuniones realizadas.

3.2 CASOS CATASTRADOS

Durante el desarrollo del estudio se efectuaron visitas a algunos Comités y Cooperativas, con el fin de caracterizar sus sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento, actualmente en explotación.

A continuación se presentan los casos catastrados:

3.2.1 COMUNA DE SAN PEDRO

La visita a la comuna de San Pedro se dividió en dos partes, la primera de las cuales permitió recabar información referente al sistema de saneamiento que está en manos de la Ilustre Municipalidad de San Pedro.

La segunda parte de la visita constó de una entrevista con la gente a cargo del comité que administra el servicio APR de San Pedro El Yali.

A continuación se presenta un resumen de los principales aspectos levantados en terreno, cuyo detalle se encuentra en el Anexo 3.3 “Casos Catastrados”



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

3.2.1.1 SISTEMA DE AGUA POTABLE

El servicio de APR El Yali actualmente cuenta con dos directivas, debido a un conflicto ocasionado tras las últimas elecciones que enfrentaron a la entonces directiva en ejercicio y a la lista opositora encabezada por doña Carmen Núñez Peralta (esta última directiva corresponde a la entrevista realizada).

El caso se ha presentado a la Municipalidad, al TRICEL, a los tribunales y a otras autoridades quienes aun no se pronuncian definitivamente. Debido a esto, la directiva encabezada por doña Carmen Núñez Peralta, aun no recibe la documentación correspondiente a la anterior administración, ni cuenta con acceso a los recintos de sondajes y estanques.

El servicio data del año 1985 y actualmente abastece a aproximadamente 2600 personas, con 629 arranques aproximadamente. Entre sus clientes se encuentra la Municipalidad y 3 clientes industriales

No se pudo emitir un Diagnóstico del funcionamiento técnico del sistema, en consideración a que no se pudo acceder a las instalaciones debido a los problemas coyunturales mencionados anteriormente.

Lo mismo ocurrió con la evaluación de la gestión.

3.2.1.2 SISTEMA DE SANEAMIENTO

El sistema de Saneamiento en la comuna de San Pedro se encuentra en manos de la Municipalidad desde el momento de su construcción. La planta de tratamiento comenzó a operar en el año 2002 y en el año 2005 se anexaron dos villorrios.

Actualmente el sistema de saneamiento opera con 278 unidades domiciliarias con la posibilidad de anexar 15 a 20 más en el corto plazo.

Las plantas elevadoras de AS son relativamente nuevas, y una de ellas no está en funcionamiento porque el sector que servirá no está habilitado aún.

En relación a la Planta de Tratamiento de AS, la visita a terreno permitió constatar que no está funcionando adecuadamente, presenta malos olores y presencia de vectores, puesto que uno de los biodiscos está completamente dañado y el Efluente presenta una gran turbiedad.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En relación al cobro de tarifas, se desprende que el Municipio basa su cobro en la máxima disposición a pagar que presentan los usuarios, aún cuando está por debajo del mínimo requerido para cubrir los costos operacionales del sistema y por consiguiente pueda ser autosustentable.

3.2.2 COMUNA DE PICHIDEGUA

La visita realizada a la comuna de Pichidegua, provincia de Cachapoal, VI Región, fue dirigida por doña Gloria Alvarado Jorquera, gerente de la Cooperativa de Servicios de Abastecimiento y Distribución de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Ambiental El Patagual Limitada (Pataguacoop Ltda.)

A continuación se presenta un resumen de los principales aspectos levantados en terreno, cuyo detalle se encuentra en el Anexo 3.3, “Casos Catastrados”

La Cooperativa Pataguacoop Ltda. administra el sistema de Agua Potable desde su construcción en 1968 y el sistema de Tratamiento de Aguas Servidas desde el año 2003.

La Cooperativa tiene actualmente 620 socios inscritos en el servicio de Agua Potable y aproximadamente 400 en el servicio de Aguas Servidas.

Los terrenos en que se emplazan tanto el Sistema de Agua Potable como el de Aguas Servidas pertenecen a la Cooperativa. En cuanto a los derechos de agua, se encuentran en proceso legal para obtenerlos.

El sistema de Agua Potable atiende actualmente a una población total de aproximadamente 2500 personas, con un total de 620 arranques, todos residenciales.

El sistema de saneamiento posee un total de 400 unidades domiciliarias. Las viviendas que cuentan con sistema de Agua Potable pero no tienen acceso al sistema de tratamiento poseen Pozo o Letrinas.

Durante la visita a las instalaciones del sistema de AP, se pudo constatar que el nuevo sondaje funciona adecuadamente y que sus instalaciones se encontraban bien protegidas y bien cuidadas.

En relación a los estanques, se encuentran ubicados dentro de un recinto cercado.

Con respecto a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, se constató que su funcionamiento es normal, no percibiéndose olores ni vectores.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

La actual directiva ha superado limitaciones culturales de anteriores administraciones. lo que ha permitido mejorar la gestión.

Según la información que maneja la administración de la cooperativa, el número de socios que consume menos de 10 metros cúbicos, representa más del 40% del total de socios.

En términos de rango de consumo, el tramo más común se encuentra entre 11 y 20 metros cúbicos.

De esta información se concluye que los esfuerzos de la administración debieran centrarse en estimular el consumo, de modo de alcanzar economías de escala que vayan en beneficio del ingreso.

3.2.3 COMUNA DE CHOL – CHOL (EX COMUNA DE NUEVA IMPERIAL)

A continuación se presenta un resumen de los principales aspectos levantados en terreno en la visita realizada a la comunidad rural “Pedro Cayuqueo” ubicada en el sector de Dollinco, comuna de Chol – Chol. Mayor detalle se encuentra en el Anexo 3.3, “Casos Catastrados”

Uno de los aspectos mas relevantes que se encontró en lo referente al abastecimiento de agua, radica que durante el año 2002, se realizo la ejecución de pozos de pequeño diámetro mediante perforación manual en el sector.

La justificación de esta experiencia se basa en “ la búsqueda de nuevas alternativas tecnológicas para abastecer de agua a las comunidades más pobres o en zonas disgregadas geográficamente”, concluyendo que las denominadas localidades rurales dispersas (aquellas que por su escasa densidad poblacional no permiten optar por una solución tradicional de agua potable), pueden encontrar solución mediante la confección de pozos de captación individuales a través de la técnica de perforación manual.

La técnica consiste en un sistema de perforación manual de pozos, configurando una solución de carácter unifamiliar y que puede llegar a suministrar un caudal de hasta 30 litros por minuto.

De acuerdo a lo expresado por las personas consultadas, cada solución por medio de la perforación manual de pozos, tuvo un costo comprendido entre 500 y 900 mil pesos.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En general, el sistema corresponde a una fuente de abastecimiento de agua subterránea, equivalente a un sondaje, pero de menores características, tanto de profundidad (15 a 30 m), como de diámetro de entubamiento (3”).

Lo anterior corresponde básicamente a poblaciones que corresponden principalmente a viviendas aisladas, formadas por 4 a 6 personas, y la solución está enfocada principalmente a satisfacer el consumo y en menor medida el riego de una pequeña huerta ubicada junto a la vivienda.

El sistema en su concepción básica, opera solo como fuente de abastecimiento. No se cuenta con procesos de desinfección del agua o almacenamiento de la misma, previo a su consumo.

De acuerdo a lo indicado por los usuarios entrevistados, la operación de los sistemas ha resultado satisfactoria en cuanto a la posibilidad de contar con una fuente de abastecimiento próxima a cada vivienda, sin embargo algunos señalan que basados solo en el accionamiento manual de la extracción, este no satisface los requerimientos de riego.

Dicho de otra manera, esta forma de abastecimiento soluciona en estos casos el problema de acceso al agua, para lo cual ha demostrado ser una solución satisfactoria.

La percepción de los usuarios del sistema es que representa claramente un avance en términos del acceso al agua, indicando algunos que uno de los pocos aspectos negativos del mismo lo constituye el cansancio físico que experimenta el encargado de extraer el agua cuando se requiere un mayor volumen de ella (por ejemplo para riego).

En cuanto a dificultades de funcionamiento, el sistema resulta ser sencillo, no requiriendo un grado de especialización mayor.

3.2.4 COMUNA DE OLMUÉ Y LIMACHE

A continuación se presenta un resumen de los principales aspectos levantados en terreno durante la visita realizada a las comunas de Olmué y Limache, provincia de Quillota, V Región, cuyo detalle se encuentra en el Anexo 3.3 “Casos Catastrados”.

Durante la visita se tomó contacto con el Consejo Administrativo, su Presidente don Miguel Canessa Calderón y el Gerente de la Cooperativa de Servicios Sanitarios Los Maitenes don Hugo Ahonzo Ponce.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Esta cooperativa administra el sistema de Agua Potable desde su construcción el 22 de Febrero de 1970, en tanto que el sistema de Aguas Servidas es administrado por la Municipalidad de Limache.

La Cooperativa tiene actualmente 1.241 socios inscritos al servicio de Agua Potable, de los cuales 300 están conectados a la PTAS de la Municipalidad de Limache.

Los terrenos en que se emplaza el sistema de agua potable pertenecen a la Cooperativa. En cuanto a los derechos de agua, desde el año 2005 se encuentran en proceso legal para obtener 38 l/s.

El sistema de Agua Potable atiende actualmente a una población total de aproximadamente 5.000 personas, con un total del orden de 1250 arranques, en su mayoría clientes residenciales. Adicionalmente, se deben considerar dos (2) complejos turísticos, seis (6) restaurantes y dos (2) colegios.

El sistema de saneamiento cuenta con un total de 300 unidades domiciliarias. Las viviendas que cuentan con sistema de Agua Potable pero no tienen acceso al sistema de saneamiento que administra la Cooperativa, poseen pozo o letrina para sus aguas servidas.

De la visita a las instalaciones del sistema de AP, se constató que la infraestructura de Agua Potable funciona en forma óptima y que sus instalaciones se encuentran bien protegidas y cuidadas.

Con respecto a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, se constató que su funcionamiento es normal, no habiéndose detectado olores ni vectores.

La Cooperativa ha logrado imponer a sus socios la idea del autofinanciamiento a través de la tarifa, considerando inclusive las reposiciones necesarias para dar sustentabilidad al sistema de AP. Ello ha resultado beneficioso para la Cooperativa, ya que ha redundado en una buena gestión. El desafío pendiente es entregar a todos sus socios recolección y tratamiento de las aguas servidas pero ello pasa por negociar con la Municipalidad de Limache una puesta a punto de la planta y el financiamiento necesario para conectar a los socios que no cuentan con este servicio. Otra de las metas que se han fijado es servir de Unidad Técnica para APR cercanos al de Olmué.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

4 DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DE SOLUCIONES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO RURAL

4.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo a los objetivos definidos para el presente Estudio, uno de los más importantes lo constituye el normalizar las soluciones de carácter sanitario en asentamientos rurales.

Para ello, se deben establecer las bases generales y metodología de solución para el Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento, en localidades con población rural semi-concentrada o dispersa, a la luz de lo cual en el presente Capítulo se presenta un análisis global de la Demanda (déficit), desde el punto de vista del abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento.

Para ello se estimará la demanda (déficit) sanitaria rural existente en el país, entendiendo por ésta la estimación de la población rural que habita en comunidades concentradas, semi-concentradas o dispersas, distribuidas por región y territorio, que requieren soluciones de abastecimiento de Agua Potable y solución al Tratamiento y Disposición de las aguas servidas. Metodológicamente, el análisis identificó, según corresponda, el escenario en que el déficit es abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento de Aguas Servidas y aquel que contando con suministro y abastecimiento de Agua Potable, requiere solamente tratamiento y disposición de Aguas Servidas.

La población así estimada, distribuida a nivel nacional y regional, corresponderá a la población objetivo del presente Estudio.

De acuerdo a lo anterior, uno de los primeros objetivos consistirá en realizar una categorización de la población con déficit sanitario, separada en Concentrada y Dispersa (que corresponderá a las comunidades con población inferior a la Concentrada)

Por otro lado, el análisis también debe permitir visualizar el tipo de población que tiene y requiere solución en función de una categorización de la población con déficit sanitario, separada en Concentrada, Semiconcentrada y Dispersa, lo que resulta de fundamental importancia al momento de adoptar criterios y decisiones de otorgar soluciones al saneamiento rural.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En efecto, uno de los criterios fundamentales de elegibilidad utilizado hasta el momento por el Departamento de Programas Sanitarios del Ministerio de Obras Públicas para realizar inversiones en localidades o asentamientos rurales que no cuentan con agua potable, lo constituye el que el sector elegido cumpla con las características de Población Rural Concentrada en términos de población a servir, vale decir, que esté comprendida entre 150 y 3.000 habitantes y su densidad de viviendas sea mayor o igual a 15 viviendas por kilómetro de red.

En virtud del grado de cumplimiento que el programa de Agua Potable Rural ha experimentado desde su creación (detallado “in extenso” en el Capítulo 2 del presente Informe), esta definición prácticamente ya no es aplicable a la demanda (déficit) actual de abastecimiento de Agua Potable Rural, toda vez que la población remanente está constituida prácticamente por comunidades semi-concentradas o dispersas.

Esto implicará la necesidad de reformular los criterios y regulaciones adecuados a la realidad actual del sector rural, el que se constituye en uno de los objetivos fundamentales del presente Estudio.

La información base para el desarrollo de la presente actividad, se ha obtenido de la información, antecedentes y Bases de Datos existentes en la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, en el Departamento de Programas Sanitarios de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas y en el Instituto Nacional de Estadísticas, INE.

De entre ellas, la última entidad cuenta con información correspondiente al censo 2002, la cual considerando la amplitud de la información, el grado de detalle que de ella es posible obtener y la confiabilidad de la misma, se ha adoptado como la base de la estadística de población y sus principales características.

Adicionalmente, se utilizó información complementaria proveniente del Departamento de Programas Sanitarios de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas para determinados aspectos específicos del análisis.

4.2 DEMANDA ACTUAL DE SOLUCIONES DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO RURAL EN TÉRMINOS TERRITORIALES Y POBLACIÓN INVOLUCRADA

En este punto se detallan y evalúan antecedentes globales de la Demanda (déficit) actual a nivel nacional de soluciones de Agua potable y Saneamiento Rural.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

De acuerdo con los resultados definitivos del censo 2002, realizado por el INE, la población total nacional al año 2002 obedece a la que se indica en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 4.1
Resultados de Población. Censo 2002

REGIÓN	POBLACIÓN			TOTAL HAB
	URBANA HAB	RURAL		
		HAB	%	
1	403.138	25.456	1,3%	428.594
2	482.546	11.438	0,6%	493.984
3	232.619	21.717	1,1%	254.336
4	470.922	132.288	6,5%	603.210
5	1.409.902	129.950	6,4%	1.539.852
6	548.584	232.043	11,5%	780.627
7	603.020	305.077	15,1%	908.097
8	1.528.306	333.256	16,4%	1.861.562
9	588.408	281.127	13,9%	869.535
10	734.379	338.756	16,7%	1.073.135
11	73.607	17.885	0,9%	91.492
12	139.669	11.157	0,6%	150.826
13	5.875.013	186.172	9,2%	6.061.185
TOTAL	13.090.113	2.026.322	100%	15.116.435

Fuente: INE. Censo 2002

El cuadro anterior permita preciar que el 13.4 % de la población total es Rural, alcanzando un total de 2.026.322 habitantes. Por otro lado, la distribución de la población rural a lo largo del país, muestra que la mayor concentración está dada en la zona central del territorio nacional (96% de población rural del país se ubica entre la 4ª región y la 10ª región).

Análogamente, el resultado del Censo en cuanto al recuento de viviendas puede resumirse del siguiente modo.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 4.2

Resultados de Vivienda. Censo 2002

POBLACION	VIVIENDAS OCUPADAS	VIVIENDAS DESOCUPADAS	VIVIENDAS TOTALES
URBANA	3.426.442	312.706	3.739.148
RURAL	549.629	111.175	660.804
TOTAL	3.976.071	423.881	4.399.952

Fuente: INE. Censo 2002

A la luz del cuadro anterior, se puede concluir que las viviendas Rurales (660.804) corresponden al 15% de las viviendas totales del país.

Procesando y correlacionando la información de ambos cuadros, se puede apreciar que la Densidad Promedio para el ámbito Rural resulta ser de 3,06 habitantes por vivienda, de capital importancia para efectos de estimar la población real servida, especialmente si se considera que la Densidad generalmente adoptada para efectos del diseño es superior (4 – 6 habitantes por vivienda).

Por otro lado, el INE segrega la composición de la población a nivel nacional según la siguiente clasificación.

CUADRO N° 4.3

Composición de la Población a Nivel Nacional

TIPO	CLASIFICACION	RANGO DE POBLACION
URBANA	CIUDAD	> 5.000 habitantes
	PUEBLO	1.000 – 5.000 habitantes
RURAL	ALDEA	300 – 1.000 habitantes
	CASERÍO	< 300 hab y > 3 viviendas cercanas entre sí
	OTROS	



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

La Clasificación OTROS contempla a su vez la siguiente Subclasificación.

- Asentamientos Mineros.
- Fundo – Estancia – Hacienda.
- Parcela – Hijueta.
- Comunidad Indígena.
- Comunidad Agrícola.
- Campamento de Trabajadores.
- Veranada – Majada – Aguada.

El análisis de la población comprendida en el segmento **OTROS** involucra al 8% de la población nacional y al 9,7% del total de viviendas. Se decidió segregarse dicha información, puesto que la subclasificación comprende Asentamientos Mineros, Fondos, Estancias, Haciendas, y Campamentos de Trabajadores, cuyas actividades económicas llevan asociados en general el requerimiento de suministro de agua y disposición de aguas servidas.

Por otro lado, la condición transitoria no permanente de la población asociada a Veranada – Majada – Aguada hace que se excluyan de la Demanda potencial por Saneamiento.

Considerando lo anteriormente establecido, la distribución de población al año 2002 según tipo de asentamiento puede resumirse del siguiente modo.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 4.4

Distribución de Población Según Tipo de Asentamiento

REGION	CIUDAD	PUEBLO	ALDEA	CASERIO	OTROS	TOTAL
I	396.411	6.727	5.036	7.620	12.800	428.594
II	479.061	3.485	2.233	2.142	7.063	493.984
III	226.266	6.353	5.785	7.656	8.276	254.336
IV	445.398	25.524	52.246	29.429	50.613	603.210
V	1.362.077	47.825	50.834	27.372	51.744	1.539.852
VI	468.309	80.275	52.246	29.429	150.368	780.627
VII	525.530	77.490	52.246	29.429	223.402	908.097
VIII	1.436.104	92.202	65.032	55.060	213.164	1.861.562
IX	520.326	68.082	11.726	10.238	259.163	869.535
X	661.486	72.893	42.111	48.829	247.816	1.073.135
XI	61.786	11.821	6.838	2.777	8.270	91.492
XII	132.983	6.686	1.629	2.435	7.093	150.826
XIII	5.822.316	52.697	60.667	30.825	94.680	6.061.185
TOTAL	12.538.053	552.060	408.629	283.241	1.334.452	15.116.435
TIPO	URBANA		RURAL			TOTAL

Fuente: INE. Censo 2002

Análogamente, el número de viviendas asociadas a cada tipo de asentamiento a partir de la información del Censo año 2002 puede resumirse del siguiente modo.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 4.5

Distribución de Viviendas Según Tipo de Asentamiento

REGION	CIUDAD	PUEBLO	ALDEA	CASERIO	OTROS	TOTAL
I	108.381	3.353	1.840	5.391	4.757	123.722
II	120.409	1.677	768	1.373	2.655	126.882
III	66.254	3.936	2.524	3.787	2.511	79.012
IV	132.348	11.537	17.206	11.665	19.831	192.587
V	460.445	26.275	15.327	9.596	20.998	532.641
VI	137.185	25.360	17.144	11.614	41.627	232.930
VII	155.268	25.799	17.144	11.614	68.367	278.192
VIII	395.368	29.247	20.156	18.011	68.603	531.385
IX	147.519	22.074	4.200	4.079	82.067	259.939
X	184.473	24.536	13.178	16.643	81.593	320.423
XI	17.789	3.805	2.845	1.327	4.246	30.012
XII	41.142	1.938	318	983	3.944	48.325
XIII	1.574.347	15.289	16.853	9.185	28.218	1.643.892
TOTAL	3.540.928	194.826	129.503	105.268	429.417	4.399.942
TIPO	URBANA		RURAL			TOTAL

Fuente: INE. Censo 2002

4.3 DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DE SANEAMIENTO.

Con el objeto de estructurar las soluciones a adoptar y definir sus características generales, en el presente punto se efectuará una evaluación detallada de los rangos de población que conforman la Demanda Potencial (Déficit) de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento en el sector Rural, de modo que las soluciones técnicas que se planteen sean adecuadas técnica y económicamente para dichos rangos.

Asimismo, también se analiza la distribución de la demanda a nivel regional del país, de modo que en consideración a sus características específicas, las soluciones sean consistentes con las características del lugar de emplazamiento.

Lo anterior permitirá agrupar a los potenciales beneficiarios por tipo de solución, incluyendo aquellas del tipo individual.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

4.3.1 INFORMACIÓN BÁSICA.

La información disponible del Censo 2002 del INE en relación al tipo de abastecimiento de agua y disposición de las aguas servidas a nivel nacional, tanto urbano como rural, puede resumirse del siguiente modo.

CUADRO N° 4.6

Resumen de Viviendas Según Abastecimiento de Agua. Año 2002

	VIVIENDAS PARTICULARES OCUPADAS					
	CON AGUA POR CAÑERÍA		SIN AGUA POR CAÑERÍAS		VIVIENDAS TOTALES	
	N°	Habitantes	N°	Habitantes	N°	Habitantes
URBANA	3.347.095	12.799.856	12.639	41.257	3.359.734	12.841.113
RURAL	420.086	1.551.124	119.628	407.889	539.714	1.959.013
TOTAL	3.767.181	14.350.980	132.267	449.146	3.899.448	14.800.126

Fuente: INE. Censo 2002

CUADRO N° 4.7

Resumen de Viviendas Según Disposición de Aguas Servidas. Año 2002

	VIVIENDAS PARTICULARES OCUPADAS					
	CONECTADO A ALCANTARILLADO		SIN CONEXIÓN A ALCANTARILLADO		VIVIENDAS TOTALES	
	N°	Habitantes	N°	Habitantes	N°	Habitantes
URBANA	3.251.715	12.451.162	108.019	389.951	3.359.734	12.841.113
RURAL	273.337	1.015.195	266.377	943.818	539.714	1.959.013
TOTAL	3.525.052	13.466.357	374.396	1.333.769	3.899.448	14.800.126

Fuente: INE. Censo 2002



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Al respecto, se debe destacar que la información anterior se encuentra radicada en el segmento de **viviendas particulares ocupadas** que al momento del Censo se encontraban con moradores, lo que implica que aquellas viviendas del tipo colectivas (Hoteles – Hospitales – Residenciales – Regimientos – Cárceles – Iglesias, etc.) no fueron consideradas. Ello, permitirá explicar en parte las diferencias obtenidas con respecto al total nacional.

En relación a la información detallada, permite establecer la proporción de la población rural que actualmente carece de abastecimiento de Agua Potable y disposición de las aguas servidas con respecto al total de la población nacional, constituida en la población objetivo del presente estudio.

Así, el déficit existente en cuanto a soluciones de agua potable en el ámbito Urbano es de un 0,32 % y en cuanto a disposición de aguas servidas de un 3,03 %, lo que se puede atribuir mayoritariamente a un problema de cobertura, toda vez que en las proximidades de la población afectada existen sistemas de agua potable y/o alcantarillado de aguas servidas que pueden absorber dichas necesidades, pero que principalmente por problemas de cobertura aun no se concreta.

En el ámbito Rural, el déficit existente en cuanto a soluciones de Agua Potable alcanza a un 20 % y en Alcantarillado a un 48,1 % , lo que debe su origen entre otros a la inexistencia de sistemas de agua potable o alcantarillado de aguas servidas en las proximidades de la población objetivo. Adicionalmente, se debe considerar que el escenario de la población actual con déficit, está estructurado mayoritariamente en base a población semiconcentrada o dispersa.

Finalmente, resulta importante destacar dos aspectos, relativos a la localización de la población rural a lo largo del territorio nacional:

- Aproximadamente el 92% de la población Rural sin abastecimiento de Agua Potable se ubica entre la IV y X Regiones del país.
- Las regiones con mayor proporción de población Rural sin abastecimiento corresponden a la VIII, IX y X., en las cuales la proporción del sector rural sin abastecimiento sobrepasa el 50 %.

Se debe considerar que los índices que se obtienen en las regiones VIII, IX y X pueden explicarse en gran parte por la mayor presencia de asentamientos Semidispersos o Dispersos, debido a las mejores condiciones de vida que presentan estas regiones (mayor disponibilidad de recursos, condiciones climáticas más benignas, vías de comunicación y desarrollo de la actividad económica) frente a las más extremas del país.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

4.3.2 ESTRUCTURACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO

Definición de la Población a Abastecer.

Con el objeto de definir las soluciones tipo para cada escenario específico, se procederá a efectuar un análisis de las principales características de la población con demanda de Saneamiento (Agua Potable y Aguas Servidas), en lo que dice relación con el tipo y grado de concentración que presenta actualmente la población rural.

Para ello, se considerarán los límites de población para el escenario Urbano o Rural definido por el Instituto Nacional de Estadísticas, INE, de acuerdo al siguiente detalle:

- Urbano Conjunto de viviendas concentradas con población superior a 1.000 Hab.
- Rural Aldeas, Caseríos o viviendas Dispersas con población menor a 1.000 Hab.

Cabe destacar que si bien la anterior definición se ajusta en forma mayoritaria a la realidad nacional, existe del orden de un 16% de los servicios de Agua Potable Rural (aproximadamente 220) que tienen una población abastecida superior a 1.000 habitantes, lo cual de acuerdo a la clasificación del INE correspondería a poblaciones Urbanas.

Esta situación se considera adecuada para la estimación de la demanda por sistemas de Recolección y Tratamiento de las Aguas Servidas del sector Rural, pero no tendrá incidencia en la demanda por sistemas de Agua Potable Rural, por cuanto el universo poblacional de la Demanda potencial se sitúa bajo el umbral de los 1.000 habitantes como se verá más adelante.

Definido lo anterior, es posible caracterizar el universo de población a ser beneficiada por un programa de saneamiento rural de la siguiente manera:

4.3.2.1 POBLACIÓN A SER BENEFICIADA POR SISTEMAS DE AGUA POTABLE RURAL.

De acuerdo a lo establecido anteriormente, la Población Rural (menos de 1.000 Habitantes) puede subclasificarse bajo Aldea, Caseríos, Asentamientos Mineros, Fundo, Estancia, Hacienda, Parcela, Hijuela, Comunidad Indígena, Comunidad Agrícola, Campamento de Trabajadores, Veranada, Majada, Aguada o bien viviendas dispersas (aisladas).



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Se excluirán de dicho universo los Asentamientos Mineros, Fundos, Estancias, Haciendas y Campamentos de Trabajadores, cuyas actividades económicas llevan asociado en general el suministro de agua y disposición de aguas servidas. Por otro lado, la condición transitoria no permanente de la población asociada a Veranada, Majada y Aguada hace que se excluyan también de la Demanda potencial por Saneamiento.

A la luz de lo anterior, la población objetivo para satisfacer la Demanda de instalación de Sistemas de Agua Potable contemplará el siguiente universo.

- Aldeas.
- Caseríos.
- Otros Asentamientos.
 - Parcelas.
 - Hijuelas.
 - Comunidades Indígenas.
 - Comunidades Agrícolas
 - Viviendas Dispersas (aisladas).

a. Población Rural en Aldeas sin abastecimiento de Agua Potable.

En lo que respecta a la condición de las Aldeas a nivel nacional, la revisión de la estadística del Censo 2002 permite concluir que solo 29 de ellas carecen de sistema de abastecimiento de Agua Potable por cañerías, con una población del orden de 9.820 habitantes y 2.019 viviendas.

Como característica principal de este segmento de la demanda, se puede indicar su mayor nivel de concentración la sitúa en los niveles de concentrado o semidisperso.

b. Población Rural en Caseríos sin abastecimiento de Agua Potable.

En lo que respecta a la condición de las Caseríos a nivel nacional, la revisión de la estadística del Censo 2002 da cuenta del número de viviendas sin abastecimiento de agua que presenta este segmento, el que puede resumirse del siguiente modo.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 4.8

Segmentos de Viviendas en Caserío sin Abastecimiento de Agua por Red a Nivel Nacional

SEGMENTO (N° Viviendas)		ENTIDADES (N°)	VIVIENDAS (N°)	POBLACIÓN (HAB)
3	10	813	4.504	11.827
11	50	720	15.978	43.042
51	100	72	4.854	10.215
101	160	3	380	418
TOTAL		1.608	25.716	65.502

Fuente: INE. Censo 2002

De acuerdo a lo visualizado en el cuadro anterior, la estructura mayoritaria del déficit de soluciones de Agua Potable en Caseríos (Población menor a 300 habitantes), se concentra en el segmento correspondiente a 11 – 50 viviendas, y representa del orden del 83% de la población total.

Se debe destacar que la estructura de población arriba detallada solo dice relación con el tamaño de la “entidad” (agrupación de viviendas correspondiente a un sector geográfico), no haciendo distinciones de si se trata de una congregación concentrada o dispersa.

No obstante, el enorme avance que hasta la fecha ha experimentado el Programa de Agua Potable Rural en el país y considerando que para acceder al abastecimiento de Agua Potable es requisito básico que presenten un nivel de concentración superior a 12 viviendas / Km de red, es dable esperar que la población remanente sin solución de Agua Potable esté enmarcada bajo una densidad menor a 10 viviendas/ Km de red, vale decir, correspondiente a poblaciones semidispersas y dispersas.

c. Población Rural en “Otros Asentamientos” sin abastecimiento de Agua Potable.

Tal como se indicó anteriormente, el segmento de población rural correspondiente a OTROS Asentamientos, excluirá los Asentamientos Mineros, Fondos, Estancias, Haciendas y Campamentos de Trabajadores, por las razones explicitadas al respecto.

Bajo este esquema, la población rural incorporada en OTROS Asentamientos (Comunidades Agrícolas e Indígenas y Parcelas e Hijuelas), que carece de abastecimiento de agua por cañerías, se puede resumir del siguiente modo.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 4.9

Segmentos de Viviendas en Otros Asentamientos sin Abastecimiento de Agua por Red a Nivel Nacional.⁶

ITEM	N° ENTIDADES	N° DE VIVIENDAS
COMUNIDADES AGRICOLAS	313	1.951
COMUNIDADES INDIGENAS	1.174	19.867
PARCELAS E HIJUELAS	7.511	70.075
TOTAL	8.998	91.893

Fuente: INE. Censo 2002

d. Población Rural Total sin abastecimiento de Agua Potable.

En resumen, la población Total a nivel Nacional con demanda por servicio de Agua Potable Rural queda delimitada de la siguiente manera.

CUADRO N° 4.10

Demanda por sistemas de Abastecimiento de Agua Potable Rural a nivel Nacional.

TIPO DE ASENTAMIENTO	VIVIENDAS	HABITANTES
ALDEA	2.019	9.820
CASERÍOS	25.716	65.502
OTROS ASENTAMIENTOS	91.893	332.306
TOTAL	119.628	407.628

Fuente: INE. Censo 2002

⁶ La demanda Total Indicada en el cuadro N° 4.9 no incluye Campamentos, Asentamientos Mineros, Fondos, Estancias y Haciendas.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**4.3.2.2 POBLACIÓN A SER BENEFICIADA POR SANEAMIENTO DE AGUAS
SERVIDAS.**

El universo potencial de población Rural que demanda saneamiento de Aguas servidas, corresponde al siguiente.

- Localidades que poseen un sistema de Agua Potable Rural y que carecen de sistema de Recolección y Tratamiento de las Aguas Servidas. (Centros poblados con 9 – 2.750 Arranques)
- Población Rural sin abastecimiento de Agua Potable, con menos de 1.000 Habitantes (Aldea, Caseríos, Parcela, Hijuera, Comunidad Indígena, Comunidad Agrícola o viviendas dispersas).

En términos generales, se puede indicar que la demanda por Saneamiento Rural, corresponde a la indicada en el punto anterior (demanda de soluciones de Agua Potable Rural), más el segmento de comunidades que hoy día poseen un sistema de Agua potable Rural, pero carecen de solución para el Tratamiento y Recolección de las Aguas Servidas.

De esta forma, la población objetivo para satisfacer la demanda por la instalación de Soluciones de Recolección y Tratamiento de Aguas Servidas contemplará el siguiente universo.

- Localidades con APR y sin recolección y Tratamiento de aguas servidas.
- Aldeas.
- Caseríos.
- Otros Asentamientos.
 - Parcela.
 - Hijuera.
 - Comunidad Indígena.
 - Comunidad Agrícola.
 - Viviendas Dispersas (aisladas).



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

a. Servicios de Agua Potable Rural sin saneamiento de Aguas Servidas.

Los antecedentes proporcionados por el MOP en relación a estadísticas de servicios de Agua Potable Rural a Diciembre del 2005, permiten concluir que la conformación de servicios de Agua Potable Rural a nivel nacional es de 1.432 servicios, con un total de 294.483 arranques (equivalente a una Población aproximada de 1.325.173 habitantes).⁷

Adicionalmente, dicha información indica la existencia de 105 servicios de Agua Potable Rural con Sistemas de Alcantarillado (40.000 arranques aproximadamente), de los cuales 71 servicios poseen sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas.

Considerando lo anterior, la demanda por solución de Saneamiento en el segmento de los Servicios existentes de Agua Potable Rural, asciende a un universo del orden de 254.483 arranques (equivalentes a una población del orden de 1.145.173 habitantes).⁸

Se debe considerar que los servicios de Agua Potable Rural existentes cruzan transversalmente las categorías de Pueblos, Aldeas, Caseríos y Otros Asentamientos, incorporando al saneamiento población adicional a la considerada como rural por el INE, puesto que los servicios de Agua Potable Rural de mayor tamaño (sobre 335 arranques) correspondería a Pueblos y los de menor tamaño (9 Arranques) a Comunidades Agrícolas o Indígenas

De acuerdo a la información proporcionada por el MOP, existen 222 servicios de Agua Potable Rural que en virtud del número de habitantes califican como Pueblo

Como característica esencial de este segmento de la demanda de Saneamiento Rural, se puede mencionar el hecho que corresponde a sectores con un alto grado de concentración, lo que resulta atractivo desde el punto de vista técnico para el diseño e implementación de los sistemas de recolección y tratamiento.

b. Población Rural de Aldeas sin abastecimiento de Agua Potable y sin Saneamiento.

Análogamente a lo indicado en la demanda a nivel nacional por servicios de Agua Potable, existe un total de 29 Aldeas que careciendo de servicios de Agua Potable, carecen además de Saneamiento de sus aguas servidas, equivalente a un total de 9.820 habitantes y 2.019 viviendas,

⁷ Esta población no incluye Campamentos, Asentamientos Mineros, Fondos, Estancias, Haciendas, etc.

⁸ Esta población es mayor a la indicada en el cuadro N° 4.7, toda vez que por su tamaño, debe incluir poblaciones que sobrepasan los 1000 hab., lo cual según la clasificación del INE, corresponde a Población Urbana.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

c. Población Rural de Caseríos sin abastecimiento de Agua Potable y sin Saneamiento.

El déficit de soluciones de Agua Potable en Caseríos (Población menor a 300 habitantes), asciende aproximadamente al orden de 25.716 viviendas y 65.502 habitantes, el que corresponde también a la demanda de Saneamiento de sus Aguas Servidas.

d. Población Rural de Otros Asentamientos sin abastecimiento de Agua Potable y sin Saneamiento.

Tal como se indicara anteriormente, la población Rural incorporada en OTROS Asentamientos que carece de abastecimiento de agua por cañerías y que debe incorporar consecuentemente la demanda por Saneamiento de las Aguas Servidas, alcanza a 91.893 viviendas y una población aproximada de 332.306 habitantes

e. Población Rural Total sin Saneamiento.

En resumen la población con demanda por Saneamiento de las aguas servidas en el ámbito Rural queda delimitada de la siguiente manera.

CUADRO N° 4.11

Demanda Total por sistemas de Saneamiento Rural.⁹

TIPO DE ASENTAMIENTO	VIVIENDAS	HABITANTES
SERVICIOS DE APR SIN SANEAMIENTO	254.483	1.145.173
ALDEA	2.019	9.820
CASERÍOS	25.716	65.502
OTROS ASENTAMIENTOS	91.893	332.306
TOTAL	374.111	1.552.801

⁹ La población total difiere de la indicada en cuadro N° 4.7, toda vez que se ha incluido en la información del MOP servicios de APR que por su tamaño (sobre los 1000 hab.), según clasificación del INE, corresponde a Urbana.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

4.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN OBJETIVO

De acuerdo con los resultados obtenidos y el estudio en detalle de la demanda objetivo del presente estudio, la población sin sistema de abastecimiento de Agua Potable, se ubica en forma mayoritaria en concentraciones que van desde viviendas individuales hasta aquellas con un tamaño menor a 100 viviendas.

Como una forma de caracterizar la población beneficiada y la consecuente definición de las respectivas soluciones, se procederá a segregar población a abastecer en segmentos según el número de viviendas beneficiadas, de acuerdo al siguiente detalle propuesto.

- | | |
|--|---------------------|
| • Asentamiento Individual (Dispersas) | 1 a 2 viviendas |
| • Comunidad Tamaño medio (Semiconcentrada) | 3 a 10 viviendas |
| • Comunidad Tamaño grande (Concentradas) | más de 10 viviendas |

No obstante, se debe destacar que una variable que condiciona dicha clasificación dice relación con la proximidad relativa entre las viviendas, lo que en definitiva determinará la ubicación de la población en estudio en uno u otro segmento. Para evaluar esta variable con un criterio específico, se utilizará el concepto de *densidad de viviendas / Km de red*.

Analizando los últimos programas de instalación de servicios de Agua Potable Rural llevados a cabo por la DOH, se puede concluir que los sistemas diseñados comprendían una densidad media de 12 Viv/ Km de red, el que se considerará como referencia base para abordar los servicios futuros a proyectar.

Es importante notar que históricamente, el Programa de Agua Potable Rural ha beneficiado principalmente a poblaciones Rural de gran tamaño y con una concentración superior a 15 viviendas/Km de red, concepto bajo el cual se han construido más de 1.400 servicios en todo el país. Producto de esta evolución natural, se comenzó otorgando soluciones de Agua Potable a los centros de mayor número de viviendas y mayor densidad, llegando en la actualidad a soluciones para centros poblados con no mas de 20 viviendas (déficit que hoy queda por satisfacer) y que corresponde básicamente a las poblaciones Dispersa y Semidispersa (con densidad menor a 11 viviendas/Km de red).



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

A la luz de lo anterior, se adoptará la siguiente clasificación de la población según la proximidad relativa entre las distintas viviendas.

- Dispersas (o Aisladas) Distancia entre viviendas sobre 250 m.
- Semiconcentrada Densidad entre 11 y 5 Viv/ Km de red.
- Concentradas Densidad mayor a 12 Viv/ Km de red.

Bajo esta clasificación es posible que los sectores formados por Parcelas, Hijuelas y Comunidades Indígenas, que en virtud de la distancia relativa entre cada vivienda y aun contando con un número superior a 15 viviendas, puedan configurar un conjunto de viviendas Individuales en virtud de su densidad, cuya solución responda a este escenario.

Así entonces, más que el número de viviendas, el criterio a adoptar privilegiará la ubicación relativa entre las mismas, a partir de lo cual se defina la consecuente clasificación de concentración que cierto sector o área de atención deberá recibir (Concentrada, Semiconcentrada o Dispersa).

Se debe tener presente que los rangos anteriormente adoptados solamente establecen un marco de clasificación general, el cual deberá ser evaluado y confirmado caso a caso, dependiendo de las condiciones particulares de cada situación.

En consecuencia, la estructura aproximada de la demanda global por servicio de Agua Potable en el medio rural, según el tamaño de las entidades, obedecerá al siguiente detalle.

CUADRO N° 4.12

Estructura estimada de la Demanda de la Población Rural Sin Abastecimiento de Agua por Red a Nivel Nacional

TIPO DE ASENTAMIENTO	VIVIENDAS	HABITANTES	DISTRIBUCIÓN POR TAMAÑO		
			1 - 2 Viv	3 - 10 Viv	110 - 155 Viv
ALDEA	2.019	9.820	5	16	1.998
CASERIOS	25.716	65.502	14	4.490	21.212
OTROS	91.893	332.306	2.987	20.110	68.796
TOTAL	119.628	407.628	3.006	24.616	92.006



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En relación a la demanda por Saneamiento Rural, resulta más atractiva que en el caso de Agua Potable, toda vez que el Programa de Saneamiento Rural deberá comenzar cubriendo la necesidad de los actuales servicios de Agua Potable Rural que carecen de saneamiento, para en una etapa posterior cubrir al sector correspondiente al segmento que hoy presenta déficit por Agua Potable.

Así, los servicios con APR y sin Saneamiento (aproximadamente 1.327) resultan más atractivos de abordar como solución en términos técnicos y económicos, al presentar mayor número de habitantes y densidad de red de la población beneficiada.

4.3.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL EN OPERACIÓN.

A objeto de complementar la información antes indicada, se revisó la información existente del MOP relativa a los actuales servicios de Agua Potable Rural en las distintas regiones del país (Ver Anexo 4.1), cuya conformación a nivel nacional a Diciembre de 2005 puede resumirse del siguiente modo.

CUADRO N° 4.13

Caracterización de Servicios de Agua Potable Rural a Diciembre de 2005

REGION	SERVICIOS (N°)	POBLAC ABAST. (HAB)	ARRANQUES (N°)	ARRANQUES (%)
I	28	15.524	3.638	1,2%
II	5	8.575	1.875	0,6%
III	30	13.061	3.420	1,2%
IV	155	119.293	27.599	9,4%
V	141	146.320	29.545	10,0%
VI	194	248.064	51.670	17,5%
VII	261	237.246	52.393	17,8%
VIII	160	168.088	33.632	11,4%
IX	154	105.957	21.358	7,3%
X	171	141.185	28.553	9,7%
XI	29	13.465	4.270	1,4%
XII	5	1.251	302	0,1%
RM	99	217.362	36.228	12,3%
TOTAL	1.432	1.435.391	294.483	100,0%

Fuente: MOP



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Analizando los resultados del cuadro anterior, se puede apreciar que la población total beneficiada por los sistemas de Agua Potable Rural es más alta, debido entre otros, a que dicho valor se obtiene a partir de las Densidades Habitacionales de Vivienda adoptadas en los Proyectos de Diseño (4 – 6 hab/viv).

A la luz de lo anterior, y sin que ello reste validez e importancia a la información analizada, se estima necesario a juicio de esta Consultora, realizar un ajuste de la población total beneficiada por los sistemas de Agua Potable Rural en el orden de un 8 % con lo que la población total abastecida por el programa de agua potable Rural a través de los 1.432 servicios existentes a Diciembre de 2005, asciende al orden de 1.325.173 habitantes.

Por otro lado, considerando la información relativa al número de arranques que posee cada servicio, se puede estructurar la conformación por tamaño de los actuales sistemas de Agua Potable Rural, de acuerdo al siguiente detalle.

CUADRO N° 4.14

Caracterización de Servicios de Agua Potable Rural Según Número de Arranques

NUMERO DE ARRANQUES (N°)	NUMERO DE SERVICIOS (N°)	TOTAL DE ARRANQUES (N°)
2750 – 2001	1	294.483
2000 – 1001	17	
1000 – 501	89	
500 – 326	130	
325 – 101	712	
100 – 51	374	
50 - 9	109	
TOTAL	1432	

A la luz del cuadro anterior, se puede apreciar que los servicios de Agua Potable Rural abarcan un número de arranques que fluctúa desde 2.720 arranques (el mas grande) hasta 9 arranques (el mas pequeño).



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

4.4 RESUMEN DE LA DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DE SANEAMIENTO RURAL.

De acuerdo con los antecedentes anteriormente detallados respecto de la caracterización de la demanda de solución de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Servidas, se puede concluir lo siguiente.

- a) La población rural total del país alcanza aproximadamente a los 2.026.322 habitantes, de los cuales 407.628 corresponden al universo total de población con demanda por sistemas de Agua Potable Rural y 1.552.801 a la población con demanda por Saneamiento Rural.
- b) El tamaño máximo de agrupaciones de vivienda con necesidad de solución de abastecimiento de Agua Potable resulta ser en forma mayoritaria menor a 100 viviendas (tan solo existen 3 caseríos con 102, 121 y 157 viviendas que no cuentan con abastecimiento de Agua por red).
- c) Un segmento importante de la población Rural objetivo del estudio se congrega bajo la denominación **Otros Asentamientos**, y está conformado por Asentamientos Mineros, Fundo, Estancia, Hacienda, Parcela, Higuera, Comunidad Indígena, Comunidad Agrícola, Campamento de Trabajadores, Veranada, Majada y Aguada.
- d) Existe un segmento de aproximadamente 293.521 habitantes, ubicados principalmente en el segmento **Otros Asentamientos** que quedan excluidos de la población objetivo del estudio por las razones detalladas en los puntos anteriores del presente capítulo
- e) Estadísticas de los servicios de agua Potable Rural hoy día en operación, sitúan la población beneficiada en aproximadamente 1.325.173 hab, de los cuales aproximadamente 180.000 disponen de soluciones de Alcantarillado de Aguas Servidas (correspondientes a 105 servicios).

Considerando que uno de los principales objetivos del presente estudio, consiste en disponer de un conjunto de soluciones sencillas y de costo reducido para satisfacer de la demanda por solución de Agua Potable y Saneamiento en el ámbito rural, y que las soluciones tipo cuyo tamaño se debe adecuar a la demanda sin variar sustancialmente su concepción, esta Consultora propone adoptar la siguiente estructuración de la demanda:

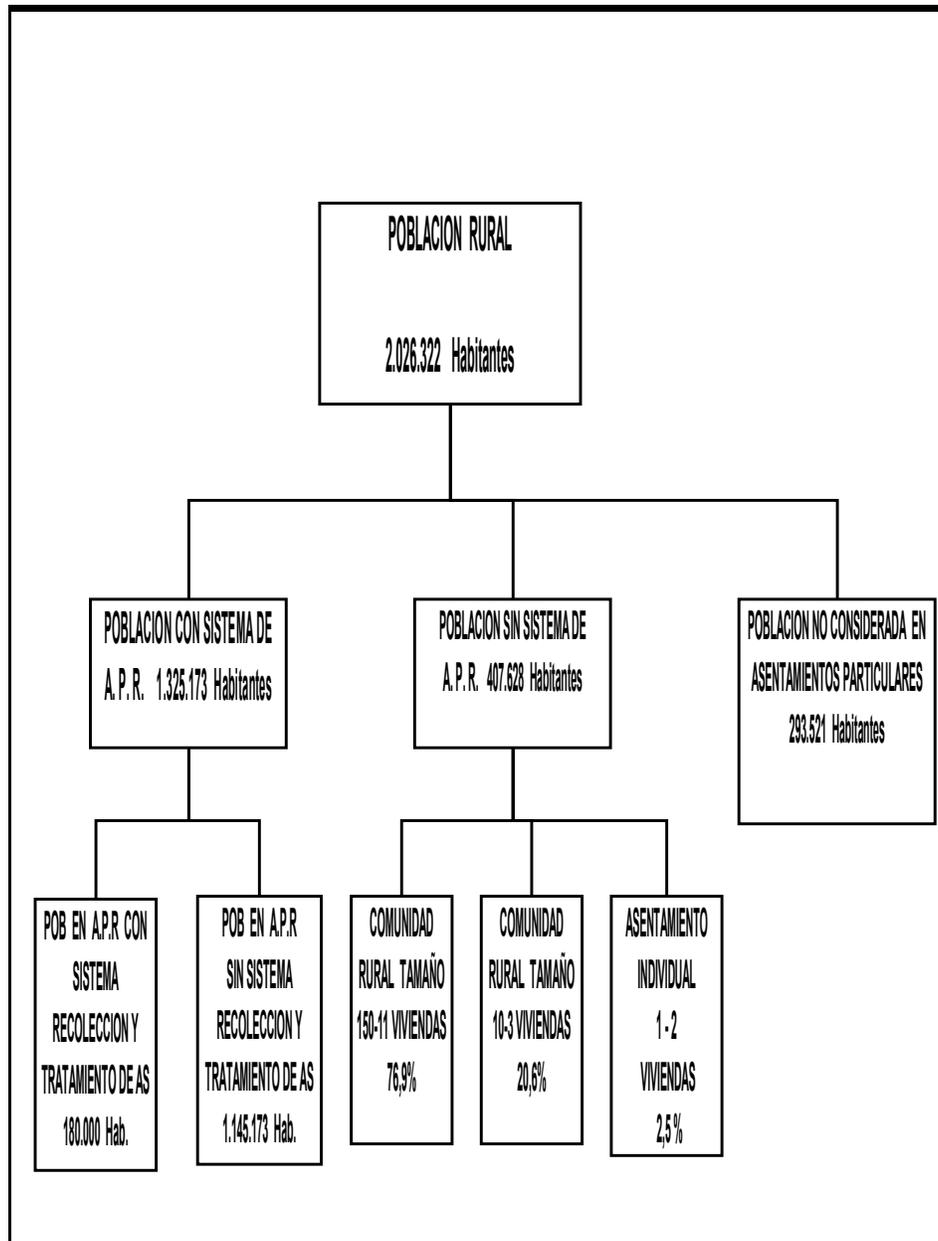


KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

ILUSTRACIÓN N° 4.1

Esquema de Solución para el saneamiento Rural



Fuente: Elaboración propia.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN COMUNIDADES RURALES CON POBLACIÓN CONCENTRADA, SEMI-CONCENTRADA O DISPERSA.

5.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, se abordan los diseños que darán solución a la demanda por abastecimiento de Agua Potable en el ámbito Rural.

Para ello, resulta necesario resaltar dos premisas básicas que debe considerar cualquier tipo de solución para proveer un servicio normalizado de Captación, Tratamiento y Distribución de Agua Potable.

- a) Continuidad del abastecimiento.
- b) Calidad del Agua producida.

Estas dos premisas son el distintivo universal de un sistema de Agua Potable, y si se considera adicionalmente el grado de avance que tiene al momento el abastecimiento de Agua Potable en el sector Rural del país, cualquier solución, por económica que sea, deberá considerar en su estructuración los elementos necesarios que permitan cumplir con ambos requisitos.

Lo anterior lleva a que si bien en general existen formas alternativas de abastecimiento de agua en el sector Rural, no podrán considerarse aquellas que no ofrezcan continuidad de servicio o calidad del agua que califique como potable a todo evento.

Metodológicamente, el diseño considerará las alternativas que cada componente de un servicio de Agua Potable requiere para su emplazamiento.

5.2 FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y COMPONENTES UNITARIAS REQUERIDAS DE TRATAMIENTO.

La Fuente de Abastecimiento constituye uno de los factores más determinantes de un sistema de Agua Potable, por lo cual se deben evaluar las distintas posibilidades de fuentes de abastecimiento que correspondan a las características específicas del sector en el que se emplazará la población a abastecer de Agua Potable.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En general, la elección del tipo de fuente deberá considerar entre otras condiciones, el respaldo que ella posee (Informe Hidrogeológico) para poder dar cuenta de una explotación de la fuente durante todo el año y por el periodo de previsión definido.

Básicamente, las fuentes son del tipo Superficial o Subterránea, y los sistemas de abastecimiento de agua y su consecuente explotación, considerando el origen de las mismas, puede resumirse del siguiente modo.

- **Fuentes Subterráneas** Pozo, Noria, Dren, Sondaje, Punteras.
- **Fuentes Superficiales** Vertiente, Estero, Río.

Para cada fuente se deberá realizar la evaluación de los parámetros presentes en el agua y el grado de cumplimiento de la Norma de calidad de agua, definiéndose finalmente con ello el tipo de Fuente, el grado requerido de tratamiento y las alternativas viables de aplicar.

Con respecto al grado requerido de tratamiento de aguas superficiales, se deberá considerar adecuadamente el proceso de desinfección del agua captada y su respectiva modalidad de control, de acuerdo a las últimas recomendaciones y exigencias impuestas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, toda vez que un proceso de desinfección sin un adecuado control de la dosificación, es tan ineficiente como la inexistencia de esta componente. Por ello, el sistema propuesto debe entregar garantías reales de realizar el proceso de desinfección con un control adecuado de la dosificación.

Otro componente de importancia a considerar cuando se trata de aguas superficiales, es la necesidad de incorporar un proceso de Filtración, lo que de ocurrir obligará necesariamente a incurrir en mayores costos de Inversión y Operación de los sistemas.

Finalmente se debe tener presente la gestión que se deberá realizar ante la Dirección General de Aguas, con el fin de obtener los Derechos de Aprovechamiento de Agua para la fuente de abastecimiento considerada.

5.3 BASES DE CÁLCULO GENERALES.

En relación a Bases de Cálculo y Criterios Generales de Diseño de los sistemas de Agua Potable Rural, esta Consultora propone adoptar las siguientes, muchas de las cuales poseen el respaldo de haber sido consideradas con resultados exitosos en el Programa Nacional de Agua Potable Rural desarrollado en el País.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

No obstante, se debe considerar que las Bases de Cálculo deberán adoptarse primordialmente en base a las características propias de cada solución más que al estricto tamaño de la población beneficiada. Dicho de otra forma, el diseño propuesto para una solución individual deberá cumplir las mismas exigencias que aquel definido para una población concentrada.

5.3.1 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN.

De acuerdo a lo detallado en el Capítulo 3 del presente Informe, la densidad habitacional media a nivel nacional corresponde a 3,43 Hab/viv para el sector Urbano y a 3,06 Hab/viv para el Sector Rural. Para efectos de diseño, se propone adoptar un índice conservador de 4 Hab/Viv para la determinación de la población beneficiada. De contarse con información más precisa, deberá considerarse la encuesta de población por vivienda.

La determinación de la población futura a servir durante el periodo de previsión definido se obtendrá a partir de la población actual y la proyección pertinente.

En los casos que exista un sector de población beneficiada que cuente con establecimientos educacionales, se considerará el impacto del alumnado como un 25 % adicional a la población total, y en caso de existir un internado, este porcentaje será de un 85%.

Para la estructuración de la proyección futura, en sistemas de más de 10 viviendas, se considerara para el cálculo de la población a 10 y 20 años una tasa de crecimiento de 1,2% anual. Sin embargo esta situación podrá ser modificada respecto de la tasa indicada, con la justificación correspondiente.

5.3.2 DOTACIÓN DE CONSUMO DE AGUA POTABLE

Los servicios de Agua Potable Rural que no poseen Sistemas Colectivos de Alcantarillado de Aguas Servidas, presentan actualmente un nivel de dotación media anual que fluctúa aproximadamente entre 80 y 140 Lt/Hab/día, dependiendo de la zona del país en la cual se sitúen.

Con la instalación de un sistema de Saneamiento, el comportamiento de estos sistemas, mostrará un incremento en el uso de agua, alcanzando en definitiva niveles de dotación media anual superiores al rango indicado anteriormente, y que se ubicarían entre los 120 y 160 Lt/Hab/día.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En general, aquellas viviendas que actualmente no cuentan con solución de Agua Potable y que a futuro tendrán solución simultánea de Agua Potable y Alcantarillado, presentarán un comportamiento distinto al de aquellas viviendas que tienen solución de agua potable durante varios años. Ello implica que el nivel de dotación para estas viviendas (con solución simultánea de AP y Alc.) deberá situarse en el nivel inferior del rango antes indicado, vale decir, entre 80 y 120 Lt/Hab/día.

Como se verá más adelante, en ciertos casos la definición del nivel de dotación de consumo no condiciona la solución propuesta ni su tamaño, sino que mas bien define principalmente la capacidad requerida de la fuente de abastecimiento.

Asimismo, el nivel de Dotación característico de cada servicio puede verse afectado por otros factores, no necesariamente asociados directamente al consumo de agua potable doméstico. Es así como dependiendo de la localización de la demanda, esta puede en ciertos casos destinar el uso del agua a otros fines como labores de riego, situación no considerada originalmente en las necesidades a cubrir por un servicio de Agua Potable Rural.

5.3.3 PERÍODO DE PREVISIÓN.

El periodo de previsión adoptado para el diseño de las obras, será en general de 20 años, con excepción de determinados Equipos (Bombeo, Filtros en Presión, Generadores y Bombas Dosificadoras), para las cuales se considerará una vida útil de 10 años.

5.3.4 COEFICIENTES DE CONSUMO. TIEMPO DE BOMBEO.

Considerando la experiencia de los sistemas existentes, se propone adoptar un Coeficiente para el Caudal Máximo Diario que varíe entre 1,2 y 1,5 veces el Caudal Medio. Para el Coeficiente del Caudal Máximo Horario se propone considerarlo como 1,5 veces el Caudal Máximo Diario.

En relación al periodo de bombeo de los Equipos de Elevación, se considerarán 12 horas diarias de bombeo.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

5.3.5 DESINFECCIÓN.

Un aspecto de vital importancia en un sistema de Agua Potable, es el que corresponde a la calidad bacteriológica del agua producida, en que el proceso de Desinfección resulta relevante.

Para todos los sistemas propuestos se considera la Desinfección de las aguas captadas mediante Cloración, usando como reactivo una solución de Hipoclorito de Sodio, generalmente al 10%

El proceso de Dosificación, se deberá realizar en lo posible, mediante una bomba dosificadora de accionamiento eléctrico, en virtud a la precisión que otorga al proceso. En caso que no se disponga de energía eléctrica, la alimentación de energía se deberá realizar conjuntamente con el equipo de bombeo, con la ayuda de un grupo generador u otro medio alternativo de energía.

5.3.6 VOLUMEN DE REGULACIÓN

De acuerdo a la topografía del terreno, los sistemas de Regulación podrán ser elevados o superficiales.

En la determinación de la capacidad del sistema de regulación, se deberá considerar un volumen mínimo igual a un 20% del Caudal Máximo Diario del horizonte del período de previsión (20 años).

En relación al Material del Estanque de Regulación, podrán emplearse distintos tipos de materiales, siempre que no afecten la salud de los usuarios y que cuenten con autorización de la respectiva Secretaria Ministerial Regional de Salud para ser usados en sistemas de agua potable (Hormigón – Acero – Plástico reforzado, etc.).

En los casos en que se requiera materializar Estanques de Regulación del tipo elevados, se deberá considerar una torre (de madera o metálica) de 8 metros de altura mínima con respecto a la vivienda más desfavorable en cota.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

5.3.7 PRESIONES DE SERVICIO.

Las presiones de servicio de la red de distribución de Agua Potable deberán ser tales que queden comprendidas en el siguiente rango.

- i) Máxima 40 metros.
- ii) Mínima 8 metros.

La presión mínima deberá garantizar entre otros aspectos, que las viviendas puedan incorporar a futuro equipos domésticos como el calefón u otros, los que requieren de determinadas condiciones mínimas de presión para su funcionamiento.

5.3.8 MATERIALES A EMPLEAR.

La elección del tipo de cañería a utilizar en las conducciones del Agua Potable dependerá de lo que recomienden los estudios técnicos y económicos.

El material de las cañerías puede ser HDPE, Acero Galvanizado, Cobre o PVC, debiendo considerarse como variable de importancia la facilidad de reparación que presente la red de distribución, en especial para los sectores de población mas apartados de los centros urbanos y comerciales. Desde ese punto de vista, el empleo de tuberías de PVC es bastante conveniente.

5.4 CARACTERÍSTICAS Y TAMAÑO DE LA SOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

De acuerdo a los antecedentes obtenidos del Censo 2002 del INE analizados en el capítulo anterior, el tamaño máximo esperado para nuevas soluciones de Agua Potable se encuentra concentrado en conjuntos de menos de 100 viviendas (tan solo 10 asentamientos aproximadamente sobrepasan este tamaño).

Considerando lo anterior, en el presente punto se desarrollarán soluciones tipo para tres niveles de demanda, a partir de cuyos Costos de Inversión y Operación y Mantenimiento se podrán visualizar los asociados a todo el rango de interés del estudio.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Los 3 niveles de demanda a analizar, obedecen al siguiente detalle.

- Solución Concentrada : Tamaño medio de 100 Viviendas. (150 – 11 Viv.)
- Solución Semi Concentrada : Tamaño medio de 15 Viviendas. (10 – 3 Viv.)
- Solución Individual : 1 Vivienda. (2 – 1 Viv.)

Para los 3 escenarios se han considerado las siguientes Bases de Cálculo.

- Dotación Media de Consumo 100 lts/hab/día
- Densidad Habitacional 4 hab/viv.
- Tasa de crecimiento de la Población 1,2 % anual.

De acuerdo con lo anterior los requerimientos para cada caso son:

CUADRO N° 5.5.15

Demanda de Agua Potable según tamaño de la Población

ITEM	CASOS		
	Caso 1 : 100 Viv	Caso 2 : 10 Viv	Caso 3 : 1 Viv
Q medio (l/s)	0,59	0,06	0,006
Q max. Diario (l/s)	0,88	0,09	0,009
Q max. Horario (l/s)	1,32	0,13	0,013
Q bombeo (l/s)	1,76	0,18	0,02
Capacidad de la Fuente (l/s)	1,76	0,18	0,02
Volumen de Regulación (m3)	15	1,6	0,15

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los resultados del cuadro anterior, es posible concluir que en términos de Capacidad de las Fuentes de Abastecimiento, requieren un caudal de explotación comprendido entre 0,02 y 1,76 l/s,

Análogamente, el Volumen de Regulación requerido estará entre 150 lts (para soluciones individuales) y 15 m³ (para 100 viviendas).



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

5.5 IDENTIFICACIÓN DE OBRAS GENERALES

5.5.1 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

En este punto se identificarán y tipificarán las alternativas factibles de implementación de servicios de Agua Potable, poniendo énfasis en que la estructuración de soluciones tipo que se detallan deberán tener la debida flexibilidad frente al número de usuarios. Asimismo, el análisis técnico-económico de la fuente y tipo de tratamiento a adoptar por cada solución, considerará las diferentes alternativas tecnológicas factibles de implementar.

A partir de los resultados de cada alternativa, se realizará la definición de la solución de agua potable para las condiciones de demanda calculadas, la que será vertida a un modelo esquemático de la disposición de los distintos elementos constituyentes de la solución.

Para ello, se estudiará el requerimiento de capacidad de regulación actual y futura del sistema, de acuerdo con la proyección de la demanda específica en cada caso.

Asimismo, para la definición y selección de alternativas del equipamiento eléctrico de cada solución propuesta, se considerarán en forma relevante los siguientes aspectos.

- Facilidad de operación.
- Facilidad de mantención.
- Confiabilidad del sistema.
- Suministro de repuestos.
- Factibilidad de ampliación futura.

Finalmente, se analizarán aspectos como Consumos por tipo de solución, posibilidades de Expansión, restricciones por condiciones topográficas del terreno, etc.

5.5.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN TIPO.

Una vez efectuado el análisis de las alternativas factibles de desarrollar, se presenta a continuación un conjunto de 6 (seis) Soluciones Tipo de abastecimiento de Agua Potable, las que dan cuenta de los aspectos más relevantes que controlan el diseño e independizan del tamaño de la solución, de manera de poder realizar ajustes de tamaños de la solución sin variar sustancialmente su concepción básica.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

La caracterización de cada solución se ha realizado considerando principalmente los tres siguientes aspectos que controlan el diseño.

- Tipo de Fuente.
- Tipo de Estanque de Regulación.
- Topografía relativa de las componentes unitarias.

Se debe reiterar que la solución a adoptar, dependerá en definitiva de las condiciones particulares que presenta en cada caso el entorno de la población a beneficiar.

Al respecto, existen variantes que se deberán considerar al aplicar cualquiera de los 6 diseños base, y dicen relación principalmente con aspectos de la calidad de agua y los tratamientos específicos que se deben considerar para cada caso. Dichas variantes no modifican en su concepción básica los 6 diseños considerados.

A continuación se indican los prototipos de solución definidos para cada caso.

a) Caso N° 1. Abastecimiento desde Fuente Subterránea con Estanque Elevado.

Este caso corresponde a la situación sea de un terreno plano o sin elevaciones naturales de importancia en las proximidades de la población beneficiada, y cuya única posibilidad de abastecimiento la constituye la fuente de agua subterránea.

En este escenario, se deben distinguir algunas variantes que pueden condicionar el tamaño y características de la solución propuesta, las que pueden resumirse como las siguientes.

- i) Fuente de Abastecimiento Subterránea.** Dependiendo de la profundidad de la napa, la fuente puede corresponder básicamente, a alguna de las siguientes.
- Punteras
 - Pozo
 - Noria
 - Pozo Profundo



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- ii) **Sistema de Tratamiento.** En la mayoría de los casos, corresponderá exclusivamente a un proceso de Desinfección mediante solución de cloro, aplicada directamente a la Cañería de Impulsión del caudal captado, previo al ingreso del Estanque de Regulación.

En lo relacionado con el Equipamiento propiamente tal, es altamente recomendable el poder estandarizar el empleo de bombas dosificadoras electromecánicas que permitan tanto un control adecuado del proceso de Desinfección como el que su Operación resulte ser lo más simple posible. Al respecto, la experiencia adquirida en el país ha demostrado que la utilización de sistemas de dosificación manual o bien bombas de funcionamiento hidráulico no constituyen un sistema confiable, habiéndose procedido en la mayoría de los casos a su reemplazo definitivo por sistemas con Bombas dosificadoras electromecánicas.

Otro aspecto del tratamiento para el caso de aguas subterráneas, corresponde a la necesidad de abatir compuestos indeseables presentes en el agua, como Hierro y Manganeseo. Para ello, se requiere contemplar una componente unitaria de Filtración que permita abatir dichos parámetros hasta un nivel que cumpla con la norma. Uno de los tipos de componente mayormente utilizado lo constituye la Filtración en Presión, a ser emplazado en forma previa al ingreso del agua al estanque.

- iii) **Sistema de Regulación.** Cuando no se cuenta con la posibilidad de ubicar un estanque en algún cerro o elevación natural próxima a la población beneficiada, se debe recurrir a elevar artificialmente el estanque mediante una torre que cuente con una altura mínima de 8 m sobre la vivienda más alta en cota a abastecer.

La torre podrá estructurarse, de acuerdo a las condiciones del lugar, contemplando Madera, Perfiles de Acero o bien Hormigón armado.

Por su parte, el Estanque podrá ser de Plástico reforzado, Acero u Hormigón, dependiendo del volumen a regular.

- iv) **Sistema de Distribución.** Las conducciones de distribución serán de preferencia en Cañería de PVC, por la facilidad de reparación que representa, especialmente en sectores apartados. Para los casos en que se deba materializar un atravesado o se requiera reforzar estructuralmente la conducción, se deberá emplear cañería de Acero Galvanizado.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- v) **Disponibilidad de Energía Eléctrica.** Cuando la solución de abastecimiento considera el empleo de equipos (Bombeo y Tratamiento), su operación requiere de energía eléctrica para su funcionamiento.

De existir red de distribución eléctrica en los alrededores del sector abastecido, el problema se reduce a un empalme a la red existente. En caso contrario, existen diversas alternativas de solución para la alimentación eléctrica de los equipos, entre las cuales se pueden señalar las siguientes.

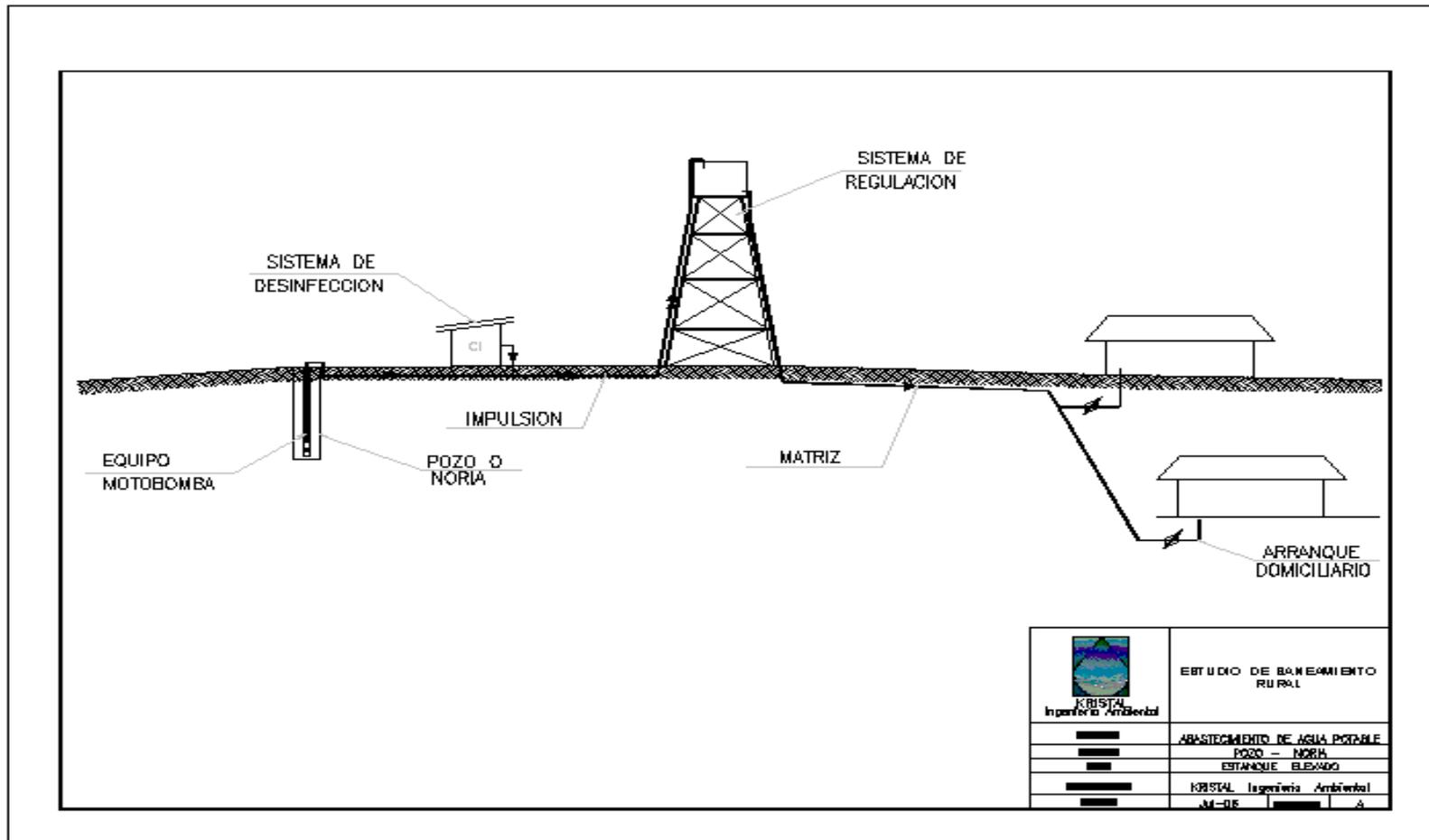
- Grupo Generador Diesel.
- Energía Solar.
- Energía Eólica.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CASO 1: ABASTECIMIENTO DESDE FUENTE SUBTERRANEA CON ESTANQUE ELEVADO





KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

b) Caso N° 2. Abastecimiento desde Fuente Subterránea con Estanque Enterrado.

Este caso corresponde a la situación en la cual la población beneficiada se ubica en un terreno con elevaciones naturales de importancia en las proximidades, y cuya única posibilidad de fuente de abastecimiento la constituyen los recursos de agua subterráneos.

Al igual que en el caso anterior, se pueden distinguir algunas variantes que condicionan el tamaño y características de la solución propuesta por el caso presente:

i) Fuente de Abastecimiento Subterránea. Dependiendo de la profundidad de la napa, la fuente puede corresponder básicamente, a alguna de las siguientes.

- Punteras
- Pozo
- Noria
- Pozo Profundo

ii) Sistema de Tratamiento. En la mayoría de los casos corresponderá exclusivamente a un proceso de desinfección mediante solución de cloro, aplicada directamente a la conducción previo al ingreso al Estanque de Regulación. Por las mismas razones señaladas en el caso 1, este proceso debería contemplar el empleo de bombas dosificadoras electromecánicas.

Del mismo modo, puede darse la necesidad de abatir compuestos indeseables presentes en el agua, como Hierro y Manganeseo. Para ello, se requiere contemplar una componente unitaria de Filtración que permita abatir dichos parámetros hasta un nivel que cumpla con la norma. Uno de los tipos de componente mayormente utilizado lo constituye la Filtración en Presión,

iii) Sistema de Regulación. El presente caso cuenta con la posibilidad de ubicar el estanque en algún cerro o elevación natural próxima a la población beneficiada, por lo que se requerirá ubicarlo de forma tal que el Estanque cuente con una altura mínima de 10 m sobre la vivienda más alta en cota a abastecer.

Por su parte, y dependiendo del volumen a regular, el Estanque podrá ser de Plástico reforzado, Acero u Hormigón.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- iv) Sistema de Distribución.** Las conducciones de distribución, especialmente en sectores apartados, serán de preferencia en Cañería de PVC, en atención a la facilidad de reparación que presenta este material. Para los casos en que se deba materializar un atravesado o se requiera reforzar estructuralmente la conducción, se deberá emplear cañería de Acero Galvanizado.
- v) Disponibilidad de Energía Eléctrica.** La presente solución de abastecimiento, considera el empleo de equipos electromecánicos (Bombeo y Tratamiento), cuya operación requiere de energía eléctrica para su funcionamiento.

De existir red de distribución eléctrica en los alrededores del sector abastecido, el problema se reduce a un empalme a la red existente. Caso contrario, existen variadas alternativas de solución para la alimentación eléctrica de los equipos, entre las cuales destacan las siguientes.

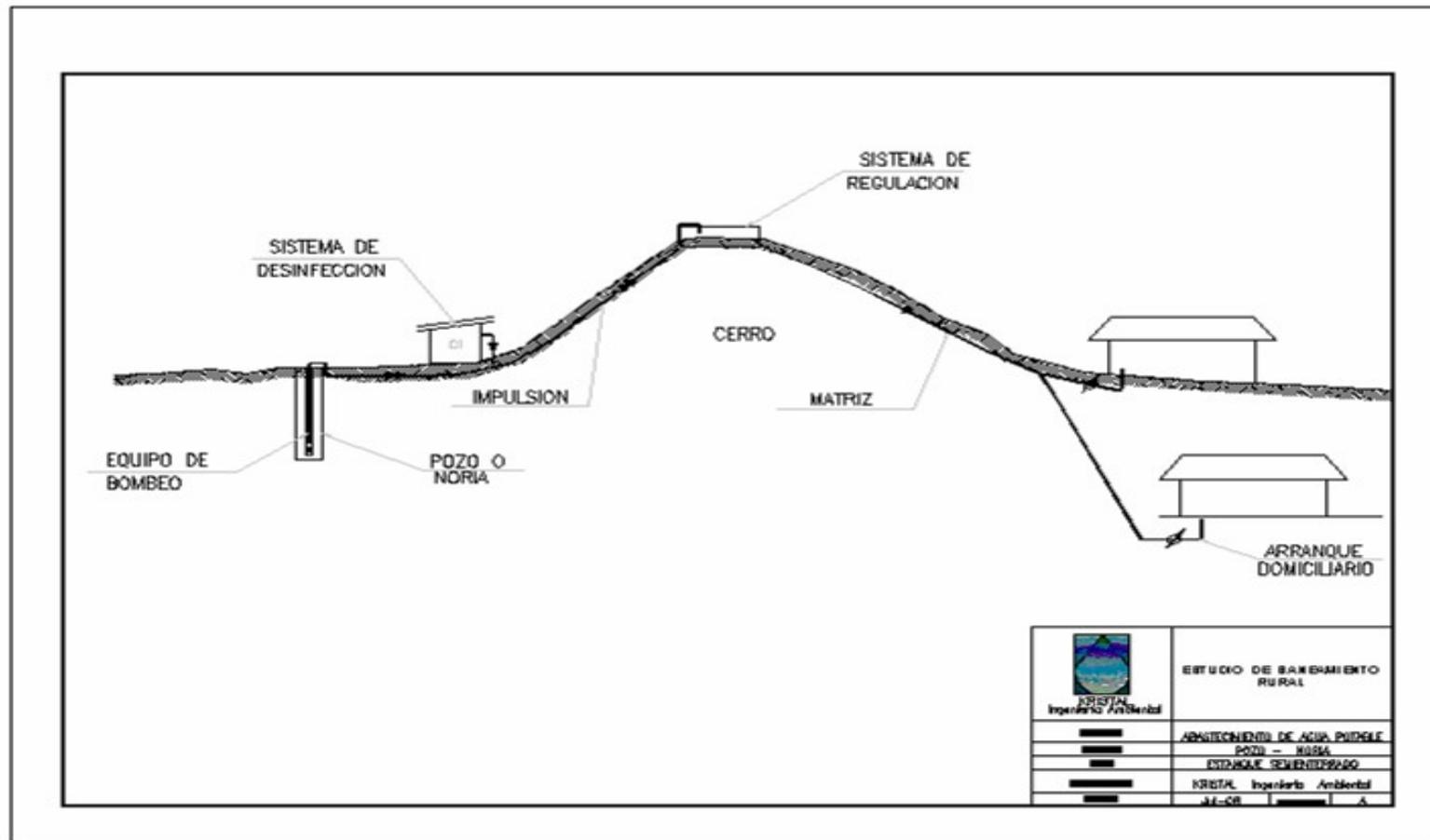
- Grupo Generador Diesel
- Energía Solar
- Energía Eólica



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CASO 2: ABASTECIMIENTO DESDE FUENTE SUBTERRANEA CON ESTANQUE ENTERRADO





KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

c) Caso N° 3. Abastecimiento desde Fuente Superficial Gravitacional con Estanque Elevado.

Este caso corresponde a una fuente de abastecimiento superficial, ubicada en forma tal que el punto de captación se ubica a mayor cota que las viviendas a abastecer, lo que posibilita el abastecimiento gravitacional.

Simultáneamente con lo anterior, el área en la cual se ubican las viviendas corresponde a un terreno plano o sin elevaciones naturales de importancia en las proximidades de la población, lo que obliga a que el Estanque de Regulación deba ser elevado a través de una torre.

Las variantes que pueden condicionar el tamaño y características de la solución del presente caso, pueden ser las siguientes.

i) Fuente de Abastecimiento Superficial. La fuente puede corresponder básicamente a una de las siguientes.

- Río
- Estero
- Vertiente

Junto con asegurar la seguridad y estabilidad de la obra de captación, deberá poseer elementos que garanticen la calidad del agua captada en términos de sólidos gruesos y medianos y Arenas, por lo cual se debe contemplar las componentes unitarias de Rejas y Desarenador.

ii) Sistema de Tratamiento. En la mayoría de los casos corresponderá a un proceso de Desinfección (utilizando para ello solución de cloro inyectada directamente a la conducción previa al ingreso del estanque de regulación) y un proceso de Filtración que permita abatir la eventual turbiedad presente en el agua hasta un nivel que de cumplimiento con la norma. Esto último se puede realizar mediante un proceso de Filtración en Presión, a emplazar en forma previa al ingreso del agua en el estanque.

Ambos procesos requieren el empleo de bombas dosificadoras electromecánicas, las que permitirán un adecuado control en el proceso de dosificación de los elementos que se requiere aplicar al agua.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

iii) Sistema de Regulación. Considerando que el presente caso no permite la posibilidad de ubicar un estanque en algún cerro o elevación natural próxima a la población beneficiada, se debe recurrir a elevar artificialmente el estanque mediante una torre que cuente con una altura mínima de 8 m sobre la vivienda más alta en cota a abastecer.

De acuerdo a las condiciones del lugar, la torre puede estructurarse en Madera, Perfiles de Acero u Hormigón armado.

Por su parte, el estanque podrá ser de Plástico reforzado, Acero u Hormigón, dependiendo del volumen a regular.

iv) Sistema de Distribución. Considerando la facilidad de reparación que permite, especialmente en sectores apartados, las conducciones de distribución deberían ser de preferencia en Cañería de PVC. Para los casos en que se deba materializar un atravesado o se requiera reforzar estructuralmente la conducción, se deberá emplear cañería de Acero Galvanizado.

v) Disponibilidad de Energía Eléctrica. La presente solución de abastecimiento considera necesariamente el empleo de equipos (Bombas dosificadoras del sistema de Tratamiento), cuya operación requiere de energía eléctrica para su funcionamiento.

De existir red de distribución eléctrica en los alrededores del sector abastecido, el problema se reduce a un empalme a la red existente. Caso contrario, existen diversas alternativas de solución para la alimentación eléctrica de los equipos, entre las cuales destacan las siguientes.

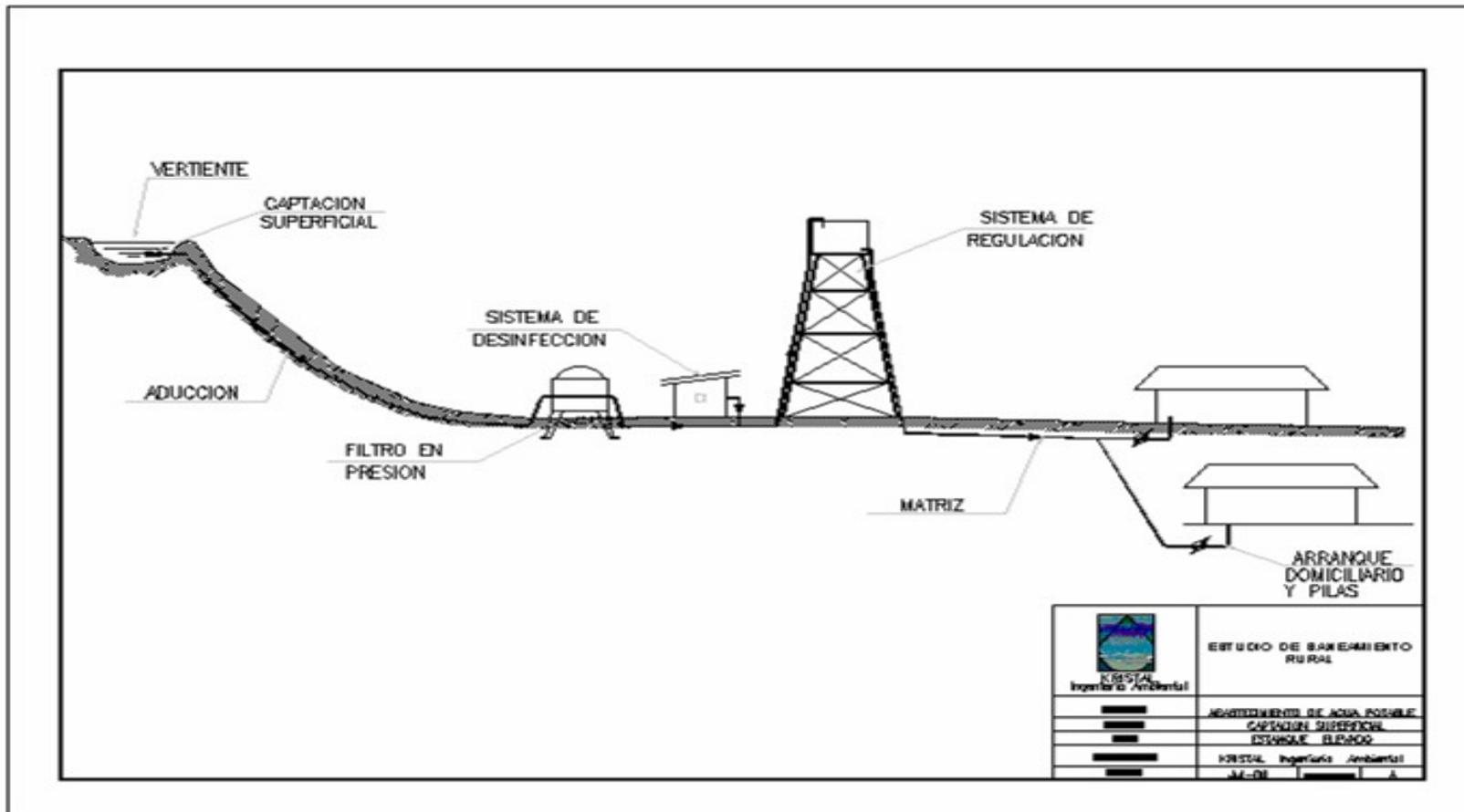
- Grupo Generador Diesel
- Energía Solar.
- Energía Eólica.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CASO 3: ABASTECIMIENTO DESDE FUENTE SUPERFICIAL GRAVITACIONAL CON ESTANQUE ELEVADO





KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

d) Caso N° 4. Abastecimiento desde Fuente Superficial Gravitacional con Estanque Enterrado.

Este caso corresponde a un escenario en que se cuenta con una fuente de abastecimiento superficial, ubicada en forma tal que el punto de captación se ubica a mayor cota que las viviendas a abastecer, posibilitando el consecuente abastecimiento en forma gravitacional.

Simultáneamente con lo anterior, el área en la cual se ubican las viviendas corresponde a un terreno con elevaciones naturales de importancia en las proximidades de la población, lo que posibilita el emplazamiento del Estanque de Regulación sobre un cerro o elevación natural.

Las variantes que pueden condicionar el tamaño y características de la solución propuesta por el caso presente son alguna de las siguientes.

i) Fuente de Abastecimiento Superficial. La fuente puede corresponder básicamente a alguna de las siguientes.

- Río
- Estero
- Vertiente

Junto con asegurar la seguridad y estabilidad de la obra de captación, deberá poseer elementos que garanticen la calidad del agua captada en términos de sólidos gruesos y medianos y Arenas, por lo cual se debe contemplar las componentes unitarias de Rejas y Desarenador.

ii) Sistema de Tratamiento. El tratamiento básico corresponde a los procesos de Desinfección y Filtración.

Para el primero se utiliza solución de cloro inyectada directamente a la conducción en forma previa al ingreso del Estanque de Regulación, en tanto que para el proceso de Filtración, se puede utilizar Filtración en Presión, la que permite abatir la eventual turbiedad presente en el agua hasta un nivel que cumpla con la norma.

Ambos procesos requieren para su operación de bombas dosificadoras electromecánicas, las que permiten un adecuado control de la dosificación requerida.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

iii) Sistema de Regulación. Dado que en el presente caso se cuenta con la posibilidad de ubicar el estanque en algún cerro o elevación natural próxima a la población, el Estanque se ubicará, en forma tal que cuente con una altura mínima de 10 m sobre la vivienda más alta en cota a abastecer.

Por su parte, y dependiendo del volumen a regular, el Estanque podrá ser de Plástico reforzado, Acero u Hormigón.

iv) Sistema de Distribución. En atención a la facilidad de reparación del material, de importancia significativa en sectores apartados, las conducciones del sistema de distribución serán de preferencia en Cañería de PVC. Para los casos en que se deba materializar un atravesado o se requiera reforzar estructuralmente la conducción, se deberá emplear cañería de Acero Galvanizado.

v) Disponibilidad de Energía Eléctrica. La presente solución de abastecimiento considera el empleo de equipos (Bombas dosificadoras del sistema de Tratamiento), cuya operación requiere de energía eléctrica para su funcionamiento.

De existir red de distribución eléctrica en los alrededores del sector abastecido, el problema se reduce a un empalme a la red existente. Caso contrario, existen diversas alternativas de solución para la alimentación eléctrica de los equipos, entre las cuales destacan las siguientes.

- Grupo Generador Diesel.
- Energía Solar.
- Energía Eólica.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

e) Caso N° 5. Abastecimiento desde Fuente Superficial con Impulsión a Estanque Elevado.

Este caso corresponde al escenario en que se cuenta con una fuente de abastecimiento superficial, ubicada en forma tal que el punto de captación se encuentra a menor cota que las viviendas, no siendo posible el abastecimiento gravitacional.

Simultáneamente con lo anterior, el área en la cual se ubican las viviendas está constituida por un terreno plano o sin elevaciones naturales de importancia en las proximidades de la población, por lo cual el Estanque de Regulación debe emplazarse sobre una torre.

Las variantes que pueden condicionar el tamaño y características de la solución corresponden a alguna de las siguientes.

i) Fuente de Abastecimiento Superficial: La fuente puede corresponder básicamente a alguna de las siguientes alternativas.

- Río
- Estero
- Vertiente

Junto con asegurar la seguridad y estabilidad de la obra de captación, deberá poseer elementos que garanticen la calidad del agua captada en términos de sólidos gruesos y medianos y Arenas, por lo cual se debe contemplar las componentes unitarias de Rejas y Desarenador.

Por otro lado, la ubicación relativa de las viviendas respecto del punto de captación, requiere de elevación mecánica para conducir las aguas captadas hasta el Estanque de Regulación.

ii) Sistema de Tratamiento. El tratamiento a aplicar corresponderá a un proceso de Desinfección (utilizando para ello la aplicación de solución de cloro inyectada directamente a la conducción en forma previa al ingreso del Estanque de Regulación) y un proceso de Filtración (mediante un proceso de Filtración en Presión a emplazar en forma previa al ingreso del agua en el estanque), que permita abatir la eventual turbiedad presente en el agua hasta un nivel que cumpla con la norma.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Para permitir un adecuado control del proceso de dosificación de los elementos que se requiere aplicar al agua, ambos procesos requieren el empleo de bombas dosificadoras electromecánicas para su operación.

- iii) **Sistema de Regulación.** Considerando que el presente caso no cuenta con la posibilidad de ubicar un estanque en algún cerro o elevación natural próxima a la población, se debe contemplar el elevar artificialmente el estanque mediante una torre que cuente con una altura mínima de 8 m sobre la vivienda más alta en cota.

De acuerdo a las condiciones del lugar, la Torre puede estructurarse en Madera, Perfiles de Acero u Hormigón armado.

Por su parte, y dependiendo del volumen a regular, el estanque podrá ser de Plástico reforzado, Acero u Hormigón.

- iv) **Sistema de Distribución.** Considerando la facilidad de reparación del material, especialmente en sectores apartados, las conducciones de distribución deberían ser de preferencia en Cañería de PVC. Para los casos en que se deba materializar un atravesado o se requiera reforzar estructuralmente la conducción, se deberá emplear cañería de Acero Galvanizado.

- v) **Disponibilidad de Energía Eléctrica.** La presente solución considera el empleo de equipos (Bombas dosificadoras del sistema de Tratamiento), cuya operación requiere de energía eléctrica para su funcionamiento.

De existir red de distribución eléctrica en los alrededores del sector abastecido, el problema se reduce a un empalme a la red existente. Caso contrario, existen diversas alternativas de solución para la alimentación eléctrica de los equipos, entre las destacan las siguientes.

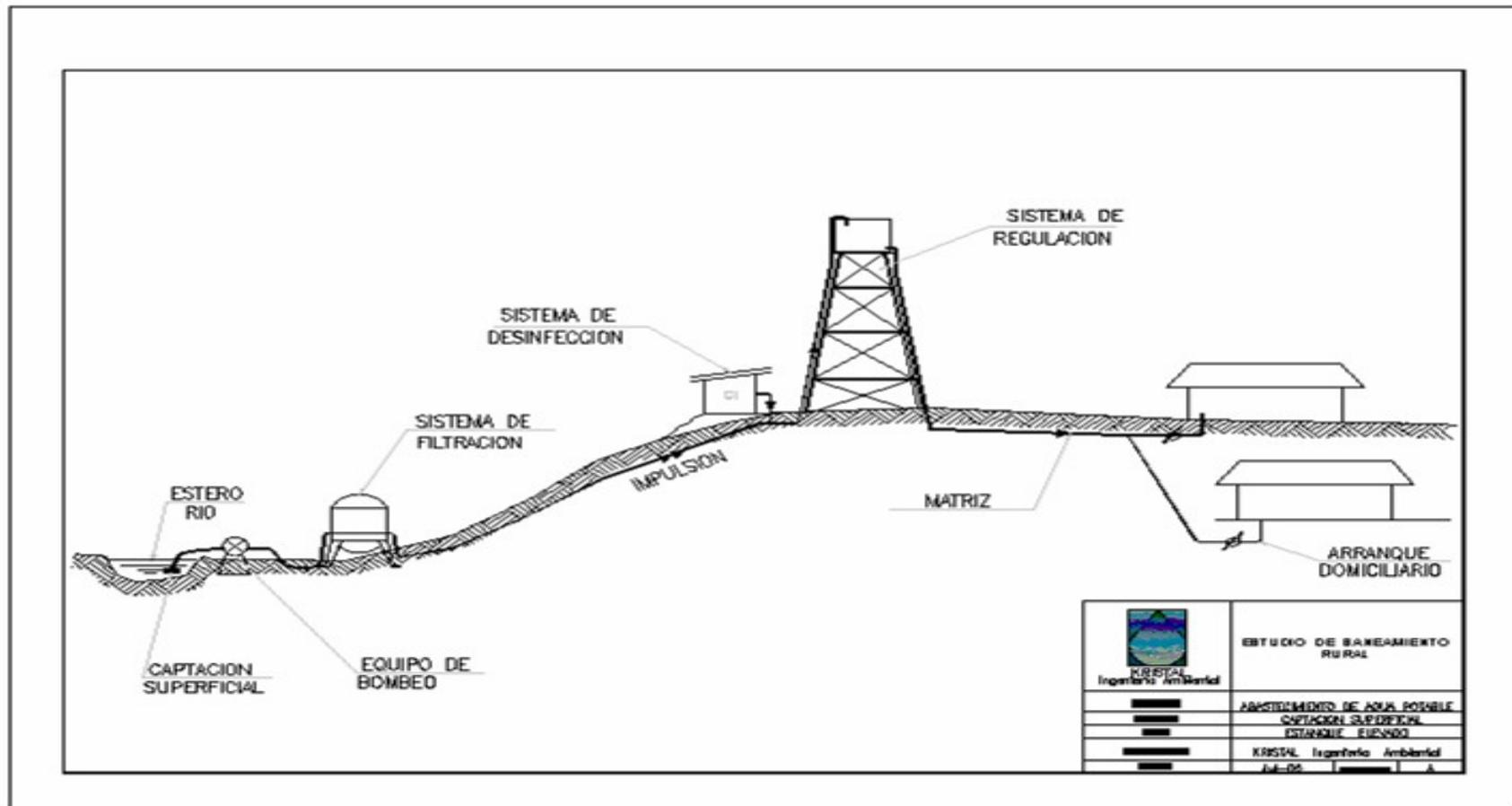
- Grupo Generador Diesel.
- Energía Solar.
- Energía Eólica.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CASO 5: ABASTECIMIENTO DESDE FUENTE SUPERFICIAL CON IMPULSION A ESTANQUE ELEVADO





KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

f) Caso N° 6. Abastecimiento desde Fuente Superficial con impulsión a Estanque Enterrado.

Este caso corresponde a un escenario en que se cuenta con una fuente de abastecimiento superficial, ubicada en forma tal que el punto de captación se ubica a menor cota que las viviendas, no siendo posible el abastecimiento gravitacional.

Simultáneamente con lo anterior, el área en la cual se ubican las viviendas corresponde a un terreno con elevaciones naturales de importancia en las proximidades de la población, posibilitando el emplazamiento del estanque de regulación sobre un cerro o elevación natural.

Las variantes que pueden condicionar el tamaño y características de la solución propuesta son las siguientes.

i) Fuente de Abastecimiento Superficial. La fuente puede corresponder básicamente a alguna de las siguientes.

- Río
- Estero
- Vertiente

Junto con asegurar la seguridad y estabilidad de la obra de captación, deberá poseer elementos que garanticen la calidad del agua captada en términos de sólidos gruesos y medianos y Arenas, por lo cual se debe contemplar las componentes unitarias de Rejas y Desarenador.

Por otro lado, la ubicación relativa de las viviendas con respecto del punto de captación, exige de elevación mecánica para conducir las aguas captadas hasta el estanque de regulación.

ii) Sistema de Tratamiento. El tratamiento básico corresponde a los procesos de Desinfección y Filtración.

Para el primero se utiliza solución de cloro inyectada directamente a la conducción en forma previa al ingreso del Estanque de Regulación, en tanto que para el proceso de Filtración, se puede utilizar Filtración en Presión, la que permite abatir la eventual turbiedad presente en el agua hasta un nivel que cumpla con la norma.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Ambos procesos requieren para su operación de bombas dosificadoras electromecánicas, las que permiten un adecuado control de la dosificación requerida.

- iii) **Sistema de Regulación.** En el presente caso se cuenta con la posibilidad de ubicar el Estanque en algún cerro o elevación natural próxima a la población, por lo que deberá ubicarse en forma tal que cuente con una altura mínima de 10 m sobre la vivienda más alta en cota a abastecer.

Por su parte, y dependiendo del volumen a regular, el Estanque podrá ser de Plástico reforzado, Acero u Hormigón.

- iv) **Sistema de Distribución.** Considerando la facilidad de reparación del material, especialmente en sectores apartados, las conducciones de distribución deberían ser de preferencia en Cañería de PVC. Para los casos en que se deba materializar un atraveso o se requiera reforzar estructuralmente la conducción, se deberá emplear cañería de Acero Galvanizado..
- vi) **Disponibilidad de Energía Eléctrica.** La presente solución considera el empleo de equipos (Bombas dosificadoras del sistema de Tratamiento), cuya operación requiere de energía eléctrica para su funcionamiento.

De existir red de distribución eléctrica en los alrededores del sector abastecido, el problema se reduce a un empalme a la red existente. Caso contrario, existen diversas alternativas de solución para la alimentación eléctrica de los equipos, entre las destacan las siguientes.

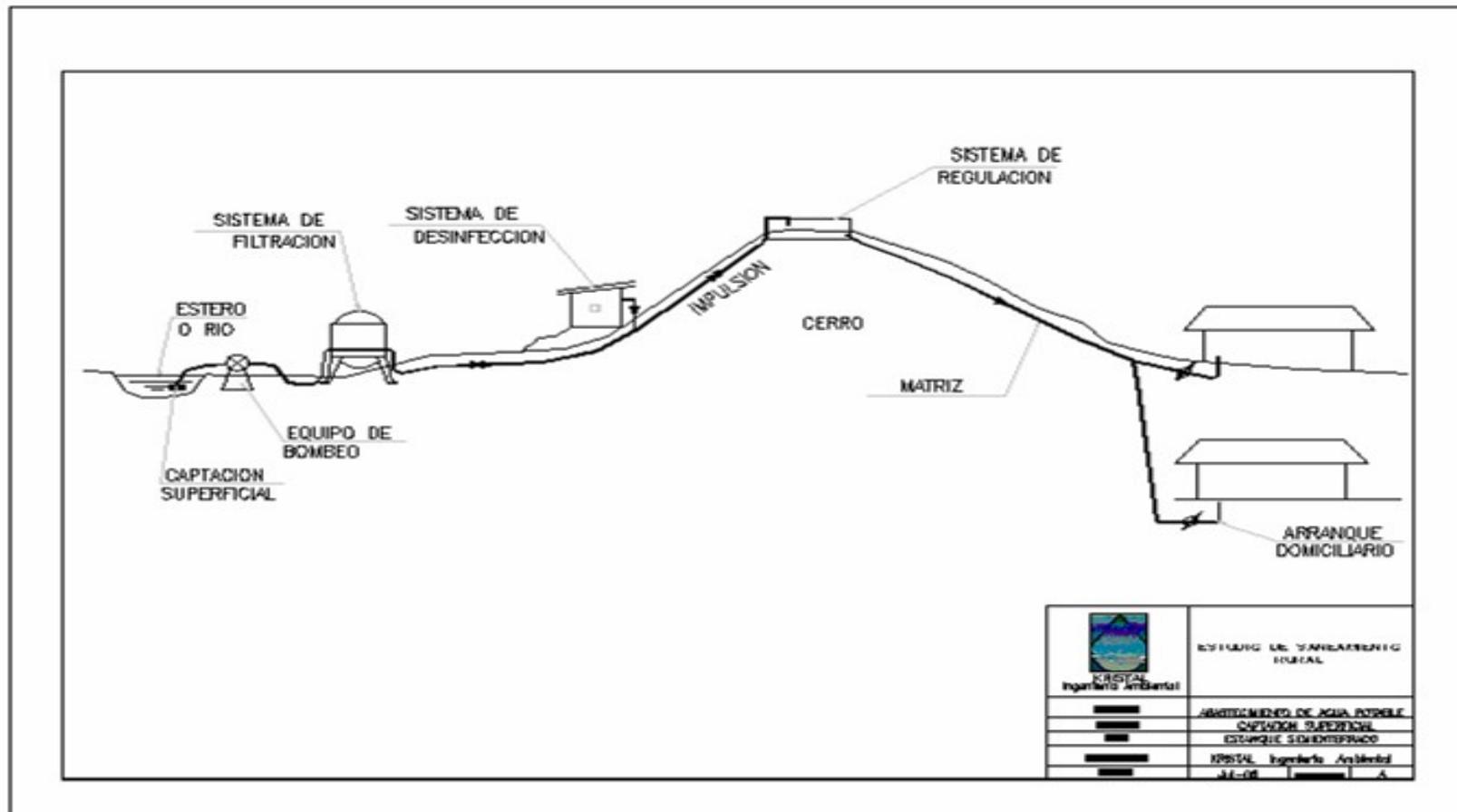
- Grupo Generador Diesel.
- Energía Solar.
- Energía Eólica.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CASO 6: ABASTECIMIENTO DESDE FUENTE SUPERFICIAL CON IMPULSION A ESTANQUE ENTERRADO





KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

5.6 COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL.

A objeto de evaluar los costos de operación y mantención de los servicios de Agua Potable Rural, se describen a continuación los aspectos más relevantes relacionados con la administración y explotación de un servicio de este tipo.

Los costos de operación de un servicio de Agua Potable Rural, están representados básicamente por los siguientes conceptos:

- Costos de Administración
- Costos de Operación
- Costos de Mantencion
- Costos de Mejoramiento

a) Costos de Administración.

El Costo de Administración representa básicamente los gastos en que incurre el Comité Administrador del Servicio de Agua Potable para llevar los libros contables (honorarios contador), hacer la medición y los cobros por el agua vendida mensualmente, trámites, cancelar viáticos y adquirir útiles de oficina.

b) Costos de Operación.

Se consideran como Costos de Operación de un servicio de Agua Potable Rural, aquellos originados como producto de las siguientes partidas.

- Consumo Energía Eléctrica.
- Consumo de Productos Químicos.
- Remuneración del Personal.

El “Servicio Modelo” considera el uso de energía eléctrica para el Equipo de Bombeo ubicado en la captación y la Bomba dosificadora del sistema de Desinfección del agua mediante cloración.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

c) Costo de Mantenimiento.

El costo de Mantenimiento corresponde a los siguientes gastos que debe realizar el Servicio.

- Limpieza periódica y reparaciones que requiere el sistema a nivel de captación, estanques, líneas de conducción, distribución y medidores.
- Reparaciones de bombas dosificadoras, materiales y mano de obra que se requiere para mantener en buena forma el funcionamiento del sistema.

d) Costos de Mejoramientos.

El presente costo corresponde básicamente al requerido para efectuar mejoramientos menores, los que deberían realizarse con fondos propios, como una forma de optimizar el funcionamiento del mismo.

5.6.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN EN SERVICIOS DE AGUA POTABLE.

Aún cuando la determinación de los costos de operación de los servicios corresponde a una evaluación particular de cada caso en específico, se ha procedido a determinar los costos de operación promedio referenciales para los tres tamaños de servicios de Agua Potable Rural definidos anteriormente.

Para ello se ha supuesto que en todos los casos el servicio considera un proceso de desinfección mediante aplicación de cloro.

Los costos de operación por concepto de energía eléctrica se han estimado con una tarifa promedio AT 4-3.

Los cuadros siguientes resumen los costos de cada situación analizada, en \$ a Diciembre de 2006:



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 5.16

Costos de Operación y Mantencion de Servicios de Agua Potable según Caso N° 1



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

ÍTEM	100 VIVIENDAS	15 VIVIENDAS	1 VIVIENDA
COSTOS DE ADMINISTRACION			
Libros Contables	10.000	8.000	
Impresión de documentos	20.000	12.000	
Pasajes y colaciones	40.000	20.000	
Comprobantes contables	30.000	15.000	
Honorarios anuales del contador	250.000	150.000	
Útiles de oficina	25.000	15.000	
COSTO ANUAL DE ADMINISTRACIÓN	375.000	220.000	0
CONSUMO E. ELECTRICO			
Potencia del grupo elevador (KW)	1	0,55	0,37
Alumbrado y otros (KW)	0,25	0,25	0,25
Potencia total conectada (KW)	1,25	0,8	0,62
Tiempo de funcionamiento diario (Hrs)	12	12	1,5
Consumo diario de energía (KWH)	15	9,6	0,93
Consumo anual de energía (365 días) (KWH)	5.475	3.504	339
Costo unitario del KWH (Incl. transp. de energía) \$	75	75	75
COSTO ANUAL POR CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA	410.625	262.800	25.459
PRODUCTOS QUÍMICOS			
Tasa de cloración (ppm 2 mgr/ lt)	2	2	2
Producción media diaria (m3)	51,00	7,80	0,50
Requerimiento diario de cloro (Kg)	0,1020	0,0156	0,0010
Consumo diario de hipoclorito al 70% (Kg/ dia)	0,1457	0,0223	0,0014
Consumo anual del hipoclorito (Kg)	53,19	8,13	0,52
Costo del Kg de hipoclorito de sodio	3.560	3.560	3.560
Costo anual por consumo de hipoclorito	189.341	28.958	1.856
determinaciones diarias a \$87 c/u, son \$ 5,220/mes. Al año son	62.640	31.320	
COSTO ANUAL POR CONSUMO DE PROD. QUÍMICOS	251.981	60.278	1.856
REMUNERACIÓN DE PERSONAL			
Mensual Operador	150.000	50.000	0
Mensual Secretaria (media jornada)	50.000	0	0
COSTO MENSUAL	200.000	50.000	0
COSTO ANUAL POR REMUNERACION PERSONAL	2.400.000	600.000	0
C O S T O S D E O P E R A C I O N	3.062.606	923.078	27.315
COSTOS DE MANTENIMIENTO			
Equipos	50.000	0	0
Mantenición de distribución	120.000	25.000	0
Mantenición del equipo elevador	150.000	50.000	15.000
mantención equipo purificación	115.000	25.000	10.000
COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO	435.000	100.000	25.000
COSTOS DE MEJORAMIENTOS DEL SERVICIO			
Mejoramientos	100.000	0	0
TOTAL COSTOS ANUALES	3.972.606	1.243.078	52.315
TOTAL COSTO MENSUAL	331.051	103.590	4.360
NUMERO DE ARRANQUES	100	15	1
COSTO MEDIO MENSUAL POR ARRANQUE	3.311	6.906	4.360



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 5.3

Costos de Operación y Mantencion de Servicios de Agua Potable según Caso N° 2

ÍTEM	100 VIVIENDAS	15 VIVIENDAS	1 VIVIENDA
COSTOS DE ADMINISTRACION			
Libros Contables	10.000	8.000	
Impresión de documentos	20.000	12.000	
Pasajes y colaciones	40.000	20.000	
Comprobantes contables	30.000	15.000	
Honorarios anuales del contador	250.000	150.000	
Útiles de oficina	25.000	15.000	
COSTO ANUAL DE ADMINISTRACIÓN	375.000	220.000	0
CONSUMO E. ELECTRICO			
Potencia del grupo elevador (KW)	1	0,55	0,37
Alumbrado y otros (KW)	0,25	0,25	0,25
Potencia total conectada (KW)	1,25	0,8	0,62
Tiempo de funcionamiento diario (Hrs)	12	12	1,5
Consumo diario de energía (KWH)	15	9,6	0,93
Consumo anual de energía (365 días) (KWH)	5.475	3.504	339
Costo unitario del KWH (Incl. transp. de energía) \$	75	75	75
COSTO ANUAL POR CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA	410.625	262.800	25.459
PRODUCTOS QUÍMICOS			
Tasa de cloración (ppm 2 mgr/ lt)	2	2	2
Producción media diaria (m3)	51,00	7,80	0,50
Requerimiento diario de cloro (Kg)	0,1020	0,0156	0,0010
Consumo diario de hipoclorito al 70% (Kg/ día)	0,1457	0,0223	0,0014
Consumo anual del hipoclorito (Kg)	53,19	8,13	0,52
Costo del Kg de hipoclorito de sodio	3.560	3.560	3.560
Costo anual por consumo de hipoclorito	189.341	28.958	1.856
determinaciones diarias a \$87 c/u, son \$ 5,220/mes. Al año son	62.640	31.320	
COSTO ANUAL POR CONSUMO DE PROD. QUÍMICOS	251.981	60.278	1.856
REMUNERACIÓN DE PERSONAL			
Mensual Operador	150.000	50.000	0
Mensual Secretaria (media jornada)	50.000	0	0
COSTO MENSUAL	200.000	50.000	0
COSTO ANUAL POR REMUNERACION PERSONAL	2.400.000	600.000	0
C O S T O S D E O P E R A C I O N	3.062.606	923.078	27.315
COSTOS DE MANTENIMIENTO			
Equipos	50.000	0	0
Mantenición de distribución	120.000	25.000	0
Mantenición del equipo elevador	150.000	50.000	15.000
mantención equipo purificación	115.000	25.000	10.000
COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO	435.000	100.000	25.000
COSTOS DE MEJORAMIENTOS DEL SERVICIO			
Mejoramientos	100.000	0	0
TOTAL COSTOS ANUALES	3.972.606	1.243.078	52.315
TOTAL COSTO MENSUAL	331.051	103.590	4.360
NUMERO DE ARRANQUES	100	15	1
COSTO MEDIO MENSUAL POR ARRANQUE	3.311	6.906	4.360



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 5.4

Costos de Operación y Mantencion de Servicios de Agua Potable según Caso N° 3



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

ITEM	100 VIVIENDAS	15 VIVIENDAS	1 VIVIENDA
COSTOS DE ADMINISTRACIÓN			
Libros Contables	10.000	8.000	
Impresión de documentos	20.000	12.000	
Pasajes y colaciones	40.000	20.000	
Comprobantes contables	30.000	15.000	
Honorarios anuales del contador	250.000	150.000	
Útiles de oficina	25.000	15.000	
COSTO ANUAL DE ADMINISTRACIÓN	375.000	220.000	0
CONSUMO E. ELECTRICO			
Potencia del grupo elevador (KW)	0	0	0
Alumbrado y otros (KW)	0,15	0,15	0,15
Potencia total conectada (KW)	0,15	0,15	0,15
Tiempo de funcionamiento diario (Hrs)	12	12	1,5
Consumo diario de energía (KWH)	1,8	1,8	0,225
Consumo anual de energía (365 días) (KWH)	657	657	82
Costo unitario del KWH (Incl. transp. de energía) \$	75	75	75
COSTO ANUAL POR CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA	49.275	49.275	6.159
PRODUCTOS QUÍMICOS			
Tasa de cloración (ppm 2 mgr/ lt)	2	2	2
Producción media diaria (m3)	51,00	7,80	0,50
Requerimiento diario de cloro (Kg)	0,1020	0,0156	0,0010
Consumo diario de hipoclorito al 70% (Kg/ día)	0,1457	0,0223	0,0014
Consumo anual del hipoclorito (Kg)	53,19	8,13	0,52
Costo del Kg de hipoclorito de sodio	3.560	3.560	3.560
Costo anual por consumo de hipoclorito	189.341	28.958	1.856
Costo anual por consumo de coagulante	227.209	34.750	2.228
determinaciones diarias a \$87 c/u, son \$ 5,220/mes. Al año son	62.640	31.320	
COSTO ANUAL POR CONSUMO DE PROD. QUÍMICOS	251.981	60.278	1.856
REMUNERACIÓN DE PERSONAL			
Mensual Operador	150.000	50.000	0
Mensual Secretaria (media jornada)	50.000	0	0
COSTO MENSUAL	200.000	50.000	0
COSTO ANUAL POR REMUNERACION PERSONAL	2.400.000	600.000	0
C O S T O S D E O P E R A C I O N	2.701.256	709.553	8.016
COSTOS DE MANTENIMIENTO			
Equipos	50.000	0	0
Mantenión de distribución	120.000	25.000	0
Mantenión del equipo elevador	150.000	50.000	15.000
mantención equipo purificación	115.000	25.000	10.000
COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO	435.000	100.000	25.000
COSTOS DE MEJORAMIENTOS DEL SERVICIO			
Mejoramientos	100.000	0	0
TOTAL COSTOS ANUALES	3.611.256	1.029.553	33.016
TOTAL COSTO MENSUAL	300.938	85.796	2.751
NUMERO DE ARRANQUES	100	15	1
COSTO MEDIO MENSUAL POR ARRANQUE	3.009	5.720	2.751

CUADRO N° 5.5

Costos de Operación y Mantencion de Servicios de Agua Potable según Caso N° 4



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

ITEM	100 VIVIENDAS	15 VIVIENDAS	1 VIVIENDA
COSTOS DE ADMINISTRACIÓN			
Libros Contables	10.000	8.000	
Impresión de documentos	20.000	12.000	
Pasajes y colaciones	40.000	20.000	
Comprobantes contables	30.000	15.000	
Honorarios anuales del contador	250.000	150.000	
Útiles de oficina	25.000	15.000	
COSTO ANUAL DE ADMINISTRACIÓN	375.000	220.000	0
CONSUMO E. ELECTRICO			
Potencia del grupo elevador (KW)	0	0	0
Alumbrado y otros (KW)	0,15	0,15	0,15
Potencia total conectada (KW)	0,15	0,15	0,15
Tiempo de funcionamiento diario (Hrs)	12	12	1,5
Consumo diario de energía (KWH)	1,8	1,8	0,225
Consumo anual de energía (365 días) (KWH)	657	657	82
Costo unitario del KWH (Incl. transp. de energía) \$	75	75	75
COSTO ANUAL POR CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA	49.275	49.275	6.159
PRODUCTOS QUÍMICOS			
Tasa de cloración (ppm 2 mgr/ lt)	2	2	2
Producción media diaria (m3)	51,00	7,80	0,50
Requerimiento diario de cloro (Kg)	0,1020	0,0156	0,0010
Consumo diario de hipoclorito al 70% (Kg/ día)	0,1457	0,0223	0,0014
Consumo anual del hipoclorito (Kg)	53,19	8,13	0,52
Costo del Kg de hipoclorito de sodio	3.560	3.560	3.560
Costo anual por consumo de hipoclorito	189.341	28.958	1.856
Costo anual por consumo de coagulante	227.209	34.750	2.228
determinaciones diarias a \$87 c/u, son \$ 5,220/mes. Al año son	62.640	31.320	
COSTO ANUAL POR CONSUMO DE PROD. QUÍMICOS	251.981	60.278	1.856
REMUNERACIÓN DE PERSONAL			
Mensual Operador	150.000	50.000	0
Mensual Secretaria (media jornada)	50.000	0	0
COSTO MENSUAL	200.000	50.000	0
COSTO ANUAL POR REMUNERACION PERSONAL	2.400.000	600.000	0
C O S T O S D E O P E R A C I O N	2.701.256	709.553	8.016
COSTOS DE MANTENIMIENTO			
Equipos	50.000	0	0
Mantenión de distribución	120.000	25.000	0
Mantenión del equipo elevador	150.000	50.000	15.000
mantención equipo purificación	115.000	25.000	10.000
COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO	435.000	100.000	25.000
COSTOS DE MEJORAMIENTOS DEL SERVICIO			
Mejoramientos	100.000	0	0
TOTAL COSTOS ANUALES	3.611.256	1.029.553	33.016
TOTAL COSTO MENSUAL	300.938	85.796	2.751
NUMERO DE ARRANQUES	100	15	1
COSTO MEDIO MENSUAL POR ARRANQUE	3.009	5.720	2.751

CUADRO N° 5.6

Costos de Operación y Mantencion de Servicios de Agua Potable según Caso N° 5



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

ÍTEM	100 VIVIENDAS	15 VIVIENDAS	1 VIVIENDA
COSTOS DE ADMINISTRACION			
Libros Contables	10.000	8.000	
Impresión de documentos	20.000	12.000	
Pasajes y colaciones	40.000	20.000	
Comprobantes contables	30.000	15.000	
Honorarios anuales del contador	250.000	150.000	
Útiles de oficina	25.000	15.000	
COSTO ANUAL DE ADMINISTRACIÓN	375.000	220.000	0
CONSUMO E. ELECTRICO			
Potencia del grupo elevador (KW)	0,75	0,37	0,2
Alumbrado y otros (KW)	0,25	0,25	0,15
Potencia total conectada (KW)	1	0,62	0,35
Tiempo de funcionamiento diario (Hrs)	12	12	1,5
Consumo diario de energía (KWH)	12	7,44	0,525
Consumo anual de energía (365 días) (KWH)	4.380	2.716	192
Costo unitario del KWH (Incl. transp. de energía) \$	75	75	75
COSTO ANUAL POR CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA	328.500	203.670	14.372
PRODUCTOS QUÍMICOS			
Tasa de cloración (ppm 2 mgr/ lt)	2	2	2
Producción media diaria (m3)	51,00	7,80	0,50
Requerimiento diario de cloro (Kg)	0,1020	0,0156	0,0010
Consumo diario de hipoclorito al 70% (Kg/ dia)	0,1457	0,0223	0,0014
Consumo anual del hipoclorito (Kg)	53,19	8,13	0,52
Costo del Kg de hipoclorito de sodio	3.560	3.560	3.560
Costo anual por consumo de hipoclorito	189.341	28.958	1.856
determinaciones diarias a \$87 c/u, son \$ 5,220/mes. Al año son	62.640	31.320	
COSTO ANUAL POR CONSUMO DE PROD. QUÍMICOS	251.981	60.278	1.856
REMUNERACIÓN DE PERSONAL			
Mensual Operador	150.000	50.000	0
Mensual Secretaria (media jornada)	50.000	0	0
COSTO MENSUAL	200.000	50.000	0
COSTO ANUAL POR REMUNERACION PERSONAL	2.400.000	600.000	0
C O S T O S D E O P E R A C I O N	2.980.481	863.948	16.228
COSTOS DE MANTENIMIENTO			
Equipos	50.000	0	0
Mantenición de distribución	120.000	25.000	0
Mantenición del equipo elevador	150.000	50.000	15.000
mantención equipo purificación	115.000	25.000	10.000
COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO	435.000	100.000	25.000
COSTOS DE MEJORAMIENTOS DEL SERVICIO			
Mejoramientos	100.000	0	0
TOTAL COSTOS ANUALES	3.890.481	1.183.948	41.228
TOTAL COSTO MENSUAL	324.207	98.662	3.436
NUMERO DE ARRANQUES	100	15	1
COSTO MEDIO MENSUAL POR ARRANQUE	3.242	6.577	3.436

CUADRO N° 5.7

Costos de Operación y Mantencion de Servicios de Agua Potable según Caso N° 6



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

ÍTEM	100 VIVIENDAS	15 VIVIENDAS	1 VIVIENDA
COSTOS DE ADMINISTRACION			
Libros Contables	10.000	8.000	
Impresión de documentos	20.000	12.000	
Pasajes y colaciones	40.000	20.000	
Comprobantes contables	30.000	15.000	
Honorarios anuales del contador	250.000	150.000	
Útiles de oficina	25.000	15.000	
COSTO ANUAL DE ADMINISTRACIÓN	375.000	220.000	0
CONSUMO E. ELECTRICO			
Potencia del grupo elevador (KW)	0,75	0,37	0,2
Alumbrado y otros (KW)	0,25	0,25	0,15
Potencia total conectada (KW)	1	0,62	0,35
Tiempo de funcionamiento diario (Hrs)	12	12	1,5
Consumo diario de energía (KWH)	12	7,44	0,525
Consumo anual de energía (365 días) (KWH)	4.380	2.716	192
Costo unitario del KWH (Incl. transp. de energía) \$	75	75	75
COSTO ANUAL POR CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA	328.500	203.670	14.372
PRODUCTOS QUÍMICOS			
Tasa de cloración (ppm 2 mgr/ lt)	2	2	2
Producción media diaria (m3)	51,00	7,80	0,50
Requerimiento diario de cloro (Kg)	0,1020	0,0156	0,0010
Consumo diario de hipoclorito al 70% (Kg/ dia)	0,1457	0,0223	0,0014
Consumo anual del hipoclorito (Kg)	53,19	8,13	0,52
Costo del Kg de hipoclorito de sodio	3.560	3.560	3.560
Costo anual por consumo de hipoclorito	189.341	28.958	1.856
determinaciones diarias a \$87 c/u, son \$ 5,220/mes. Al año son	62.640	31.320	
COSTO ANUAL POR CONSUMO DE PROD. QUÍMICOS	251.981	60.278	1.856
REMUNERACIÓN DE PERSONAL			
Mensual Operador	150.000	50.000	0
Mensual Secretaria (media jornada)	50.000	0	0
COSTO MENSUAL	200.000	50.000	0
COSTO ANUAL POR REMUNERACION PERSONAL	2.400.000	600.000	0
C O S T O S D E O P E R A C I O N	2.980.481	863.948	16.228
COSTOS DE MANTENIMIENTO			
Equipos	50.000	0	0
Mantención de distribución	120.000	25.000	0
Mantención del equipo elevador	150.000	50.000	15.000
mantención equipo purificación	115.000	25.000	10.000
COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO	435.000	100.000	25.000
COSTOS DE MEJORAMIENTOS DEL SERVICIO			
Mejoramientos	100.000	0	0
TOTAL COSTOS ANUALES	3.890.481	1.183.948	41.228
TOTAL COSTO MENSUAL	324.207	98.662	3.436
NUMERO DE ARRANQUES	100	15	1
COSTO MEDIO MENSUAL POR ARRANQUE	3.242	6.577	3.436



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

5.7 COSTOS DE INVERSIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL.

Considerando que resulta extremadamente difícil poder fijar costos de inversión a nivel nacional para la instalación de servicios de Agua Potable Rural, se ha evaluado una situación promedio de costos de inversión en función del tamaño del servicio a instalar y las características de cada uno de los casos. Se ha considerado como material base de la red, cañerías de PVC y en estanques de regulación, Hormigón armado, Estanques Metálicos o Estanque Plásticos.

A continuación se indican los Costos de Inversión resultante por caso estudiado:

CUADRO N° 5.8

Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 1

**RESUMEN PRESUPUESTO
100 VIVIENDAS**

OBRAS DE CONSTRUCCION	COSTO (UF)
A.- CAPTACION SUBTERRANEA	1.042
B.- CAÑERIA IMPULSION	269
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	281
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	104
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	777
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	5.174
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	338
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	101
I.- TERRENOS.	173
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	8.260

**RESUMEN PRESUPUESTO
15 VIVIENDAS**

OBRAS DE CONSTRUCCION	COSTO (UF)
A.- CAPTACION SUBTERRANEA	706
B.- CAÑERIA IMPULSION	209
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	281
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	104
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	436
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	2.407
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	257
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	101
I.- TERRENOS.	173
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	4.674

**RESUMEN PRESUPUESTO
1 VIVIENDA**

OBRAS DE CONSTRUCCION	COSTO (UF)
A.- CAPTACION SUBTERRANEA	92
B.- CAÑERIA IMPULSION	11
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	49
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	37
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	58
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	0
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	41
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	7
I.- TERRENOS.	0
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	293



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 5.9

Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 2

**RESUMEN PRESUPUESTO
100 VIVIENDAS**

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO (UF)</u>
A.- CAPTACION SUBTERRANEA	1.042
B.- CAÑERIA IMPULSION	269
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	281
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	104
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	323
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	5.174
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	338
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	101
I.- TERRENOS.	173
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	7.806

**RESUMEN PRESUPUESTO
15 VIVIENDAS**

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO (UF)</u>
A.- CAPTACION SUBTERRANEA	706
B.- CAÑERIA IMPULSION	209
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	281
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	104
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	252
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	2.407
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	257
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	101
I.- TERRENOS.	173
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	4.489

**RESUMEN PRESUPUESTO
1 VIVIENDA**

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO (UF)</u>
A.- CAPTACION SUBTERRANEA	92
B.- CAÑERIA IMPULSION	11
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	49
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	37
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	24
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	0
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	41
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	7
I.- TERRENOS.	0
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	259



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 5.10

Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 3



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**RESUMEN PRESUPUESTO
100 VIVIENDAS**

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO (UF)</u>
A.- CONSTRUCCIÓN CAPTACION SUPERFICIAL	312
B.- CAÑERIA ADUCCION	373
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	281
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	348
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	741
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	5.174
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	103
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	101
I.- TERRENOS.	173
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	7.607

**RESUMEN PRESUPUESTO
15 VIVIENDAS**

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO (UF)</u>
A.- CONSTRUCCIÓN CAPTACION SUPERFICIAL	242
B.- CAÑERIA ADUCCION	281
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	245
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	284
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	417
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	2.407
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	103
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	101
I.- TERRENOS.	173
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	4.254

**RESUMEN PRESUPUESTO
1 VIVIENDA**

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO (UF)</u>
A.- CONSTRUCCIÓN CAPTACION SUPERFICIAL	108
B.- CAÑERIA ADUCCION	89
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	75
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	96
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	58
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	0
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	43
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	7
I.- TERRENOS.	0
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	476

CUADRO N° 5.11

Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 4



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**RESUMEN PRESUPUESTO
100 VIVIENDAS**

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO</u> <u>(UF)</u>
A.- CONSTRUCCIÓN CAPTACION SUPERFICIAL	312
B.- CAÑERIA ADUCCION	373
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	281
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	348
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	323
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	5.174
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	103
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	101
I.- TERRENOS.	173
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	7.189

**RESUMEN PRESUPUESTO
15 VIVIENDAS**

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO</u> <u>(UF)</u>
A.- CONSTRUCCIÓN CAPTACION SUPERFICIAL	242
B.- CAÑERIA ADUCCION	281
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	245
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	284
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	252
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	2.407
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	103
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	101
I.- TERRENOS.	173
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	4.088

**RESUMEN PRESUPUESTO
1 VIVIENDA**

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO</u> <u>(UF)</u>
A.- CONSTRUCCIÓN CAPTACION SUPERFICIAL	108
B.- CAÑERIA ADUCCION	89
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	75
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	96
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	24
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	0
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	43
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	7
I.- TERRENOS.	0
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	442

CUADRO N° 5.12



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 5

RESUMEN PRESUPUESTO
100 VIVIENDAS

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO</u> <u>(UF)</u>
A.- CAPTACION SUPERFICIAL CON ELEVACION	650
B.- CAÑERIA IMPULSION	373
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	281
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	348
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	777
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	5.174
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	338
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	101
I.- TERRENOS.	173
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	8.215

RESUMEN PRESUPUESTO
15 VIVIENDAS

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO</u> <u>(UF)</u>
A.- CAPTACION SUPERFICIAL CON ELEVACION	475
B.- CAÑERIA IMPULSION	255
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	281
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	291
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	436
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	2.407
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	257
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	101
I.- TERRENOS.	173
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	4.676

RESUMEN PRESUPUESTO
1 VIVIENDA

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO</u> <u>(UF)</u>
A.- CAPTACION SUPERFICIAL CON ELEVACION	66
B.- CAÑERIA IMPULSION	8
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	49
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	96
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	58
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	0
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	41
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	7
I.- TERRENOS.	0
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	325



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 5.13

Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 6

**RESUMEN PRESUPUESTO
100 VIVIENDAS**

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO (UF)</u>
A.- CAPTACION SUPERFICIAL CON ELEVACION	650
B.- CAÑERIA IMPULSION	373
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	281
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	348
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	323
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	5.174
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	338
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	101
I.- TERRENOS.	173
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	7.761

**RESUMEN PRESUPUESTO
15 VIVIENDAS**

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO (UF)</u>
A.- CAPTACION SUPERFICIAL CON ELEVACION	475
B.- CAÑERIA IMPULSION	255
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	281
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	291
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	252
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	2.407
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	257
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	101
I.- TERRENOS.	173
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	4.492

**RESUMEN PRESUPUESTO
1 VIVIENDA**

<u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u>	<u>COSTO (UF)</u>
A.- CAPTACION SUPERFICIAL CON ELEVACION	66
B.- CAÑERIA IMPULSION	8
C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.	49
D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.	96
E.- ESTANQUE DE REGULACION.	24
F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.	0
G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	41
H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN Y MANTENCION DEL SERVICIO.	7
I.- TERRENOS.	0
TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS	291



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

6 RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS SERVIDAS.

6.1 INTRODUCCIÓN.

El objetivo principal de esta parte del estudio consiste en normalizar las soluciones de carácter sanitario en asentamientos rurales, entendiéndose por este concepto, poblaciones con menos de 1.000 habitantes, y que se configuran como Aldeas, Caseríos y otros Asentamientos, conforme lo detallado en el Capítulo 3 del presente Informe.

Asimismo, es importante destacar que los asentamientos rurales pueden corresponder a localidades concentradas o dispersas, lo que incidirá significativamente en el tipo de soluciones de saneamiento a implementar.

La normalización de las alternativas técnicas de solución encontradas para su aplicación a los distintos escenarios del ámbito rural, deberá contemplar soluciones sostenibles en el tiempo, en principio operadas y administradas por los mismos beneficiarios. Al respecto, se debe destacar que las soluciones que deban dar cuenta de poblaciones no dispersas, exigirán que la operación y administración por parte de la población beneficiada se efectúe bajo un sistema definido (Comité, Cooperativa) que cuente con **Regulación Orgánica** establecida y adecuada a sus objetivos. A juicio de esta Consultora, solamente bajo tal marco es posible impedir que el déficit en infraestructura de disposición de aguas servidas domésticas sea un obstáculo al desarrollo económico del territorio asociado.

Desde el punto de vista tecnológico, la Metodología que se detalla más adelante permitirá definir condiciones de borde técnicas que factibilicen el desarrollo estandarizado de los respectivos Proyectos, a partir de los cuales se proceda con la posterior implementación de los sistemas de recolección y disposición de aguas servidas.

El primer aspecto a considerar, dice relación con segregar la Recolección, Tratamiento y Disposición de aguas servidas entre soluciones para los escenarios del tipo Descentralizados y Centralizados, independiente de que cuenten o no con Agua Potable, y dependiente estrictamente de la magnitud de población involucrada y el tipo de solución económicamente mas conveniente.

Considerando las características propias de dichos escenarios, el objetivo general de esta parte del estudio consiste en evaluar el espectro de alternativas disponibles en el mercado y definir las soluciones óptimas desde el punto de vista Técnico, Económico (Inversión y Operación).y de Viabilidad para dichos escenarios.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Para ello, los objetivos específicos del presente capítulo dicen relación al menos con los siguientes.

- Análisis y selección de las alternativas de solución de evacuación y disposición de aguas servidas más adecuadas en comunidades rurales aglomeradas y dispersas, considerando aspectos técnicos, financieros, sociales y ambientales.
- Identificación de las obras necesarias y definición de diseños tipo, para los sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

A la luz de lo anterior, las actividades desarrolladas en esta parte del estudio obedecieron en forma sistemática al siguiente detalle.

6.2 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES.

La primera actividad de esta parte del estudio consideró la Recopilación y Análisis de Antecedentes relacionados con el Saneamiento Rural.

La recopilación abarcó los estudios y experiencias implementadas tanto en el País como en el extranjero, en lo referido a soluciones de saneamiento tanto de alcantarillado como de tratamiento de aguas servidas para comunidades rurales y/o pequeñas comunidades, separando las alternativas de solución en función del tipo de localidad o tipo de conglomerado humano.

En lo referido a la experiencia nacional, se consideraron los delineamientos de los organismos e Instituciones relacionadas con el sector Rural, destacando el análisis de los siguientes antecedentes.

- Metodología de evaluación de proyectos de aguas servidas para el sector rural concentrado.
- Diagnóstico sistemas de evacuación de aguas servidas sector rural concentrado Mideplan, 1998.
- Análisis de metodología de evaluación sector rural concentrado Mideplan, 1998.
- Guía para la licitación de proyectos de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas en localidades rurales, Mideplan, 2000.
- Antecedentes de Sistemas de Saneamiento Rural provenientes de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, MOP.
- Antecedentes de Sistemas de Saneamiento Rural provenientes de la SUBDERE.
- Normas y Regulaciones vigentes para diseñar y construir las soluciones tipo.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

6.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS SERVIDAS.

Una vez recopilados y evaluados los antecedentes, se procedió a evaluar el espectro de alternativas de solución de recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas, en comunidades rurales concentradas o dispersas.

Al respecto, y a objeto de delimitar el marco conceptual bajo los objetivos del estudio, se decidió segregar los sistemas de tratamiento en **Centralizados y Descentralizados**, vale decir, **los sistemas de tratamiento que cuentan y no cuentan con redes de alcantarillado, sean sistemas de tratamiento colectivos o individuales.**

6.3.1 SISTEMAS RURALES DESCENTRALIZADOS.

6.3.1.1 ANÁLISIS DE CONDICIONES DE BORDE EN SISTEMAS RURALES DESCENTRALIZADOS.

Los sistemas de recolección y tratamiento de las aguas servidas provenientes de sistemas rurales del tipo Centralizado, vale decir, que cuentan con redes de alcantarillado, pueden ser homologables a los de pequeñas comunidades Urbanas.

Distinto es el caso de sistemas rurales Descentralizados (que no cuentan con redes de alcantarillado), cuya recolección, tratamiento y vertimiento o reutilización de sus aguas residuales obedecen a otros criterios.

En el presente punto, se prestará especial consideración a los sistemas rurales Descentralizados, en atención a que al ser los sistemas centralizados homologables a los de comunidades urbanas de pequeña población, ya cuentan con tecnologías establecidas y con amplia experiencia en el país.

Los sistemas Rurales Descentralizados son aplicados cuando se dan entre otras, las siguientes condiciones.

- Baja densidad habitacional.
- Distancia de la comunidad o las instalaciones con otros alcantarillados existentes.
- Imposibilidad de la comunidad para afrontar el costo de un sistema convencional de manejo de aguas residuales.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Por otro lado, desde el punto de vista del orden de magnitud de la población a tratar, los sistemas Descentralizados involucran en general alguno de los siguientes escenarios.

- **Residencias Individuales.**

Las aguas residuales provenientes de residencias individuales y otras instalaciones comunitarias en localidades sin alcantarillado, son usualmente administradas individualmente o a través de sistemas locales de tratamiento y disposición.

Al respecto, cabe destacar que al estar compuestas las aguas residuales por las denominadas aguas negras (sanitarios y lavaplatos) y aguas grises (duchas y de lavado de ropas), existen alternativas de tratamiento que las segregan y tratan por separado, aunque por lo general se combinan para ingresar al tratamiento.

Aunque se usa una gran variedad de sistemas locales de tratamiento de aguas servidas, uno de los más comunes consta de una Fosa Séptica (para el tratamiento parcial de las aguas residuales y almacenamiento prolongado de los sólidos retenidos), cuyo efluente se infiltra subsuperficialmente en los terrenos circundantes.

Los sistemas alternativos de tratamiento para residencias individuales incluyen varios tipos de tratamiento del tipo Aeróbico y Filtros de Lecho Empacado (usualmente arena como medio) con flujo intermitente y con recirculación.

- **Conjuntos Residenciales.**

En muchos casos, determinados grupos o conjuntos de residencias individuales suelen combinar sus aguas residuales y tener sistemas parcial o totalmente centralizados para su tratamiento y reutilización. En general se usan grandes Fosas Sépticas o una serie de Fosas más pequeñas. Los tanques Imhoff, comúnmente usados en el pasado, se están volviendo a utilizar con diseños modificados.

- **Sistemas Comunitarios.**

El manejo descentralizado de aguas residuales en sistemas comunitarios consta en general de Fosas Sépticas (para la retención de sólidos) y la utilización de tuberías de diámetro pequeño para transportar el efluente clarificado.

Las plantas compactas y de diseño individual son usadas para grandes caudales donde existe personal disponible para la operación.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En algunos casos, puede ser posible desarrollar una integración entre distritos locales para el manejo de aguas residuales provenientes de zonas de baja densidad residencial y áreas de mayor densidad residencial con alcantarillados ya desarrollados.

A continuación se presentan tres ejemplos ilustrativos de aplicación práctica de sistemas de gestión Descentralizada de aguas residuales en determinadas comunidades en el extranjero.

○ **Comunidad distante de una Red de Alcantarillado existente.**

SOLUCION. Sistema en base a Fosas Sépticas en cada residencia, cuyos efluentes fueron recolectados y tratados en un Filtro de Grava con recirculación seguido de Desinfección. El efluente se usa para riego de zonas verdes en el verano y en invierno es vertido en el suelo por absorción subsuperficial.

○ **Comunidad sin Alcantarillado, con problemas en el sistema de vertimiento en campos de Infiltración.**

SOLUCION. Reemplazo de todas las fosas sépticas existentes por nuevas fosas sépticas a prueba de goteo, sistema de recolección por bombeo de los efluentes de las fosas y un Filtro de Grava con recirculación. El efluente se usa para riego de árboles en el verano y almacenamiento del mismo en invierno.

○ **Comunidad sin alcantarillado con densidades de población diversas y concentración variable de nitratos en sus aguas subterráneas.**

SOLUCION. Para las zonas con densidad moderada (< 810 unidades/ha), consideró tratamiento mejorado para la remoción de nitrógeno en los sistemas existentes de fosas sépticas y vertimiento en campos de infiltración. Para las zonas con mayor densidad poblacional, se contempló una planta satélite de tratamiento para los efluentes recolectados de fosas sépticas.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**6.3.1.2 VARIABLES ASOCIADAS AL TRATAMIENTO EN SISTEMAS
DESCENTRALIZADOS DE AGUAS RESIDUALES.**

Considerando lo establecido anteriormente, que la recolección y tratamiento de las aguas servidas provenientes de sistemas rurales del tipo centralizado cuentan con redes de alcantarillado (y que pueden ser homologables a los de pequeñas comunidades urbanas de las cuales ya se cuenta con experiencia establecida en el país), se analizarán a continuación las condiciones de borde afectas a sistemas descentralizados.

En general, los elementos o componentes que comprende un sistema descentralizado de las aguas residuales corresponden a los siguientes.

- Tratamiento Preliminar.
- Recolección de Aguas Residuales.
- Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Disposición o Reutilización del efluente tratado.
- Manejo de Lodos.

A pesar de que las componentes son las mismas que las de los sistemas centralizados, la diferencia radica en la tecnología utilizada, por lo cual se presenta a continuación un resumen de los aspectos más relevantes asociados a cada ítem.

○ **Tratamiento Preliminar de las Aguas Residuales.**

El objetivo del Tratamiento Preliminar de las aguas residuales es remover Sólidos gruesos, Aceites y Grasas, Arenas y otros materiales flotantes o sedimentables, de modo que el agua residual pueda ser tratada eficientemente y reutilizada o vertida sin ningún riesgo.

En muchos casos, el uso de Fosas Sépticas individuales en el punto de origen puede considerarse como una parte integral de un sistema descentralizado, ya que en dicha componente los sólidos se independizan del efluente de la Fosa Séptica.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **Recolección de las Aguas Residuales.**

En zonas donde el incremento en la densidad residencial ha llegado al punto en que deja de ser factible el uso de sistemas individuales locales para el tratamiento y disposición de los efluentes, es necesario contemplar alguna forma de recolección de las aguas residuales. En algunos lugares, el uso de alcantarillados convencionales por gravedad es contraproducente, ya que se incrementa el uso de dispositivos para la conservación del agua. El caudal mínimo requerido para la operación de redes de alcantarillado de flujo por gravedad es un inconveniente en grandes proyectos con lento desarrollo o en zonas donde la conservación del agua reduce significativamente los caudales de agua residual.

En muchos casos, el agua requerida para el funcionamiento apropiado de los sistemas convencionales de flujo por gravedad supera el agua ahorrada mediante medidas de conservación.

○ **Alternativas de Tratamiento de las Aguas Residuales.**

A objeto de delimitar el espectro de alternativas, se puede establecer en primer lugar que todo sistema descentralizado posee algún sistema de evacuación de sus aguas servidas, generalmente de baja calidad sanitaria del efluente, como pozos negros o letrinas.

Por otro lado, la disposición puede ser por infiltración en terreno o a un cuerpo receptor dado, debiendo para ello cumplir con la normativa de emisión vigente (DS 90/00 ó DS 46/02 según corresponda) si el sistema supera el aporte de 100 personas.

Las alternativas de tratamiento más comúnmente adoptadas corresponden a las siguientes.

- Pozo Negro.
- Letrina (Standard o mejorada con pozo ventilado)
- Letrina Abonera Seca.
- Caseta Sanitaria con Fosa Séptica y Red de Drenaje o Pozo Absorbente.

El Pozo Negro prácticamente no realiza tratamiento y su efluente no muestra características que hagan recomendable su adopción.

Las Letrinas tienen en general una vida útil corta y requieren ser trasladadas una vez que se copó su capacidad (aproximadamente cada 5 años). Adicionalmente, no pueden ser adaptadas a sistemas de disposición más efectivos.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En cuanto a las Fosas Sépticas, corresponden conceptualmente a un Tratamiento Primario, alcanzando eficiencias de remoción del orden de 75 – 80 y 10 – 25 % en términos de Sólidos Suspendedos y DBO respectivamente.

La principal ventaja con respecto a los Pozos Negros y Letrinas consisten en que se constituyen en una solución más higiénica y permite instalar dependencias de Baño y Cocina, confiriéndole un nivel de calidad de vida superior. Adicionalmente, las Fosas Sépticas pueden ser incorporadas a un sistema centralizado (de implementarse).

En consecuencia, y considerando el actual estado del arte del país en lo que a tratamiento y disposición de aguas servidas se refiere, se considerará el análisis de alternativas viables de tratamiento a partir de los sistemas en base a Fosas Sépticas.

A la luz de lo anterior, las componentes unitarias más utilizadas para el tratamiento de aguas residuales en sistemas pequeños y descentralizados (sujetos en general a limitaciones económicas) pueden resumirse de acuerdo al siguiente detalle.

CUADRO N° 6.17

Alternativas Típicas de Tratamiento de Aguas Residuales en Sistemas Pequeños Descentralizados.

TIPO DE TRATAMIENTO	ALTERNATIVA
Primario	Fosas Sépticas Tanques Imhoff
Primario Avanzado	Fosa Séptica – Cámara de Filtración. Fosa Séptica – Reactor de Cultivo Fijo
Secundario	Tratamiento Biológico Aeróbico. Tratamiento Aeróbico / Anaeróbico Filtro de Arena de Flujo Intermitente Filtro de Grava con recirculación Lagunas Humedales artificiales
Avanzado	Tratamiento en el suelo Filtros de lecho empacado, intermitentes y con recirculación Filtración rápida Desinfección



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **Alternativas de Reutilización o Disposición de las Aguas Residuales Tratadas.**

A medida que el nivel de tratamiento aumenta, la potencialidad del uso benéfico de las aguas tratadas también aumenta.

La Reutilización de los efluentes tratados requiere criterios de calidad del agua tratada cada vez más exigentes. En los sistemas de manejo descentralizados de aguas residuales de zonas rurales, las formas más probables de reutilización lo constituyen el Riego Agrícola y el Riego de Campos.

En cuanto a la Disposición de efluentes provenientes de sistemas Descentralizados, comprende desde la absorción en el suelo mediante campos de infiltración por gravedad hasta la reutilización del agua después de someterla a tratamientos avanzados.

En las zonas rurales prevalecen los sistemas individuales de disposición de aguas residuales “in situ”, involucrando la mayoría de ellos algunas variaciones de disposición subsuperficial de efluentes de fosas sépticas. Los principales sistemas de disposición “in situ” son los siguientes.

- Convencionales
- Convencionales Modificados
- Alternativos.
- Con Tratamiento Adicional.

El sistema Convencional de disposición “in situ” es el más común, y consta de una Fosa Séptica y un sistema de Absorción sobre el suelo. La Fosa Séptica constituye la unidad de tratamiento previa a la disposición local.

Los sistemas Convencionales Modificados de disposición “in situ” incluyen Zanjas poco profundas y sistemas de Dosificación a Presión.

Los sistemas Alternativos de disposición “in situ” incluyen Montículos, Sistemas de Evapotranspiración y Humedales Artificiales.

En algunos casos, la disposición “in situ” requiere que el efluente de Fosas Sépticas sea sometido a un Tratamiento Adicional, siendo una de las alternativas más aplicada y económicamente viable la de Filtros Intermitentes con Recirculación.

El resumen de los tipos de sistemas locales de disposición y reutilización de aguas residuales puede resumirse de acuerdo al siguiente detalle.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 6.18

Tipos de Sistemas Locales de Disposición y Reutilización de Aguas Residuales.

SISTEMA DE DISPOSICIÓN / REUTILIZACIÓN	OBSERVACIONES
SISTEMAS CONVENCIONALES	
Campos de Infiltración por Gravedad	Sistema más común
Zanja Convencional	
Lechos de Absorción	
SISTEMAS CONVENCIONALES MODIFICADOS	
Campos de Infiltración por gravedad	
Zanja profunda	Evitar capas de agua poco profundas
Zanja poco profunda	Tratamiento en suelo mejorado
Dosificación a presión	
Zanja convencional	Dosificación cuesta arriba
Zanja poco profunda	Sitios elevados y poco profundos
Aplicación por Goteo	
SISTEMAS ALTERNATIVOS	
Zanjas rellenas con arena	Tratamiento adicional
Lechos de capa de piedra	Más económicos que los de montículos
Sistemas Rellenos	Importación de suelo
Sistemas de Montículo	
Sistemas de Evapotranspiración	Sin Descarga
Estanques de evaporación	
Humedales artificiales	Requiere Descarga o Infiltración subsecuente
SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN	
Irrigación por goteo	Requiere tratamiento adicional previo
Irrigación por aspersion	Requiere desinfección
Reutilización de aguas grises	
OTROS SISTEMAS	
Tanques de almacenamiento	Alternativa para estaciones climáticas
Descarga en aguas superficiales	Permitida si se incorpora tratamiento adicional (filtros intermitentes, etc.)

Cabe destacar la importancia del proceso de validación del terreno en que se emplazará el sistema de disposición in situ, a partir del cual se podrá evaluar a cabalidad la viabilidad o no de la solución a emplazar.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

A modo general, se puede establecer que para definir la viabilidad de las alternativas de Disposición in situ de los efluentes tratados, se deben tomar en consideración los siguientes aspectos, según corresponda.

- Mecánica de Suelos.
- Material y naturaleza del Perfil Estratigráfico.
- Permeabilidad.
- Nivel Freático.
- Pendiente del Terreno.
- Características de Drenaje Superficial.
- Restricciones en la calidad de las Aguas Subterráneas.
- Disponibilidad de Espacio.

6.3.1.3 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO EN SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE AGUAS RESIDUALES.

- **FOSAS SÉPTICAS.**
 - **ANTECEDENTES GENERALES.**

Dentro del espectro de alternativas de tratamiento de Aguas Servidas mostrado en el numeral anterior, una de las soluciones de más amplia difusión en sistemas pequeños y descentralizados lo constituyen las Fosas Sépticas, por lo que se presenta a continuación un análisis de las principales características y criterios de diseño utilizados.

Una Fosa Séptica se usa para recibir la descarga de agua residual proveniente de residencias individuales y de otras instalaciones sin red de alcantarillado. Las Fosas Sépticas son tanques prefabricados que ofician como tanque combinado tanto de Sedimentación y Desgrasado como de Almacenamiento de Lodos que se digieren en el fondo por digestión anaeróbica sin mezcla ni calentamiento.

Se debe destacar que el uso de Fosas herméticas y el tamizado del efluente son dos características muy importantes en la versión moderna de la Fosa Séptica.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En general, en la construcción de las Fosas Sépticas se usan materiales como Concreto o Fibra de Vidrio, aunque también se ha empleado Acero y Polietileno. Con respecto a estos 2 últimos, la experiencia extranjera muestra que la mayoría de las agencias reguladoras no permiten en la actualidad el uso de materiales como el acero, y en cuanto a los tanques de polietileno, también se han usado últimamente a pesar de que su resistencia estructural es inferior a la de los tanques construidos en concreto o en fibra de vidrio y han presentado problemas, por cuanto el polietileno es un material que se deforma con el paso del tiempo. Los tanques construidos en fibra de vidrio son más costosos y se emplean en zonas de difícil acceso a las mezcladoras de concreto.

Independientemente del material de construcción, una fosa Séptica debe poseer resistencia estructural y ser impermeable para evitar fugas del contenido del tanque, en especial cuando existen etapas posteriores de tratamiento como Filtros de Lecho Empacado intermitente y con recirculación o se utilizan alcantarillas a presión. La diferencia de precios entre un tanque estructuralmente resistente e impermeable y uno de bajo costo es mínima, ya que los costos involucrados en la reparación de este último excede incluso el valor estimado para un tanque nuevo.

El ingreso de aguas subterráneas a la Fosa Séptica sin impermeabilización genera las siguientes consecuencias.

- Interrupción del proceso de digestión anaeróbica que se desarrolla dentro de la Fosa Séptica.
- Sobrecarga hidráulica de los sistemas de disposición en campos de infiltración, provocando la acumulación del efluente en la superficie del suelo.
- Sobrecarga hidráulica significativa en los procesos de tratamiento subsecuentes como es el caso de los filtros de lecho empacado intermitente y con recirculación.

En consecuencia, una Fosa Séptica debe poseer resistencia estructural y ser impermeable si se desea que funcione adecuadamente.

En cuanto al proceso que tiene lugar en la componente, los sólidos sedimentables que se encuentran en el agua residual cruda forman una capa de lodo en el fondo de la Fosa Séptica. Las grasas, aceites y demás material ligero tienden a acumularse en la superficie donde forman una capa flotante de espuma en la parte superior. El agua tratada puede destinarse a disposición en campos de infiltración o ser sometida a una unidad de tratamiento complementario si se requiere.

La materia orgánica retenida en el fondo del tanque se somete a un proceso de descomposición anaeróbica y facultativa, transformándose en compuestos y gases más estables como Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄) y Sulfuro de Hidrógeno o Ácido Sulfhídrico (H₂S).



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

El lodo que se acumula en el fondo de la Fosa Séptica está compuesto fundamentalmente por hilachas provenientes del lavado de prendas y de lignina (presente en el papel higiénico), y aunque estos materiales lleguen a degradarse biológicamente, la velocidad de descomposición es tan baja que en definitiva se acumulan.

Aunque en las Fosas Sépticas se forme Sulfuro de Hidrógeno, no es común el desprendimiento de olores ofensivos al entorno inmediato, ya que éste se combina con los metales presentes formando sulfuros metálicos insolubles que se acumulan en los sólidos que sedimentan. A pesar que la descomposición anaeróbica reduce el volumen del material sólido depositado en el fondo del tanque, siempre existe una acumulación neta de lodo. Parte del lodo alimentado se adhiere a las burbujas de gas generadas en el proceso de descomposición del material sólido del fondo del tanque, y asciende junto con ellas aumentando el espesor de la capa de espuma formada en la superficie del tanque. Considerando que en el largo plazo la acumulación de lodo y espuma hace que se reduzca la capacidad volumétrica efectiva del tanque; es conveniente realizar extracción periódica del contenido del tanque con un programa de mantenimiento programado.

Históricamente, el problema más importante que se presenta en la operación de la Fosa Séptica es el arrastre de Sólidos y Aceites y Grasas, lo que ocasiona la reducción prematura de la capacidad de asimilación de carga hidráulica en los campos de disposición del efluente por infiltración, dando origen a la formación de zonas húmedas en la vecindad de las zanjas de infiltración y acumulación del efluente en la superficie del suelo.

Para limitar la descarga de sólidos en el efluente de Fosas Sépticas se ha generalizado el diseño con dos compartimentos, respecto a lo cual la experiencia ha demostrado que los beneficios atribuidos se deben más al diseño que a la subdivisión del tanque (Seabloom, 1982; Winneberger, 1984).

Un método más efectivo para reducir la descarga de sólidos sin tratamiento consiste en instalar un filtro para mejorar la calidad del efluente en tanques con un solo compartimento. Durante la operación, el líquido fluye dentro del filtro a través de los orificios de entrada localizados en la parte central de la pared de la cámara de filtrado, y antes de pasar a la zona central de la cámara, el efluente debe atravesar un tamiz situado al interior de la cámara. Debido a la gran superficie del tamiz, la colmatación del mismo no se produce rápidamente (de ser necesario, el tamiz se puede retirar para labores de limpieza).



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **CRITERIOS DE CONSTRUCCION.**

En relación a los criterios de construcción de estas unidades, las principales consideraciones que se deben tener en cuenta son las siguientes.

▪ **CONFIGURACIÓN.**

La mayoría de las Fosas Sépticas construidas en Concreto son rectangulares y cuentan con un deflector interno que divide el tanque. La primera cámara ocupa aproximadamente las dos terceras partes del volumen total del tanque. Asimismo, la Fosa cuenta con puntos de acceso que permiten la inspección y la limpieza.

▪ **INTEGRIDAD ESTRUCTURAL.**

El adecuado comportamiento de una Fosa Séptica, depende directamente de su integridad estructural. Una Fosa Séptica construida en concreto depende del método de construcción, del tipo de refuerzo en acero y de la composición de la mezcla del concreto (Bounds, 1996).

Para lograr una máxima integridad estructural, las paredes y el fondo del tanque deben ser fundidos monolíticamente, y la cubierta se debe fundir en el sitio, utilizando el refuerzo en acero que sobresale de los muros. En algunos casos se utiliza un sello hidráulico entre los muros y la cubierta.

Se debe evitar colocar la cubierta sobre el tanque puesto que se pueden presentar separaciones cuando ocurren asentamientos diferenciales.

▪ **IMPERMEABILIZACIÓN.**

Las Fosas deben necesariamente estar impermeabilizadas para la protección tanto del medio ambiente como de las subsecuentes instalaciones de tratamiento o vertido que se pudieran contemplar. Para ello, se deben realizar las Pruebas de Permeabilidad e Integridad Estructural.

Las pruebas Hidrostáticas se realizan en el lugar de emplazamiento, llenando la Fosa con agua y aguardando 24 horas. Si al cabo de dicho tiempo no se presentan fugas de agua, puede aceptarse preliminarmente. Sin embargo, y considerando que parte del agua se absorbe en el concreto, es conveniente llenarlo de nuevo y esperar otras 24 horas, de modo de verificar las pérdidas totales. Si éstas llegan a ser superiores a 1 galón de agua (3,8 l), la Fosa no es hidráulicamente adecuada y no se debe aceptar su funcionamiento.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **CRITERIOS DE DISEÑO.**

Se han desarrollado varias relaciones empíricas para estimar el tamaño de las Fosas Sépticas, recomendando varios autores un tamaño mínimo de 750 galones (2,8 m³).

No obstante, el volumen dependerá en gran medida del caudal afluente al sistema, el que estará compuesto por las aguas servidas propiamente tales, Aguas de Infiltración y Aguas Lluvia, aporte de RILES, etc.

En consecuencia, más que adoptar volúmenes mínimos o recomendados, el dimensionamiento de la Fosa Séptica debe considerar fundamentalmente como criterio de diseño el Periodo de Retención de la masa líquida, considerado generalmente como de 1 (un) día.

Adicionalmente, los restantes Criterios de Diseño a adoptar dicen relación con las siguientes variables y sus valores comúnmente adoptados.

CUADRO N° 6.19

Parámetro de Diseño

PARAMETRO DE DISEÑO	Unidad	Valor
Coef. Reducción Volumen Lodo Digerido		0,25
Contribución Lodo	l/hab/día	1
Período Almacenamiento Lodo	días	365
Coef. Reducción Volumen Lodo en Digestión		0,5
Período Digestión	días	60

▪ **EJEMPLO ILUSTRATIVO DE DISEÑO.**

A modo ilustrativo, se presenta a continuación un ejemplo en que se efectúa el dimensionamiento de una Fosa Séptica para las siguientes Bases de Cálculo.

CUADRO N° 6.20

Dimensionamiento de una Fosa Séptica

Población (Hbtes)	Viviendas (N°)	Dotación (l/h/d)	CAUDAL (l/s)			
			Medio ASD (1)	Infiltración	A. Lluvia	Medio Total
6	1	100,0	0,007	0,000	0,000	0,007

(1) Con Coeficiente de Recuperación R = 0,95



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Los Criterios de Diseño adoptados para el dimensionamiento de la Fosa Séptica obedecen al siguiente detalle.

CUADRO N° 6.21

Criterios de Diseño adoptados para el dimensionamiento de una Fosa Séptica

PARAMETRO DE DISEÑO	Unidad	Valor
Número de Compartimentos		2
Período Retención masa líquida	días	1
Coef. Reducción Volumen Lodo Digerido		0,25
Contribución Lodo	l/hab/día	1
Período Almacenamiento Lodo	días	365
Coef. Reducción Volumen Lodo en Digestión		0,5
Período Digestión	días	60

El dimensionamiento de la Fosa Séptica aplicando los Criterios de Diseño adoptados a las Bases de Cálculo, entrega los siguientes resultados.

CUADRO N° 6.22

Dimensionamiento de la Fosa Séptica aplicando los Criterios de Diseño adoptados a las Bases de Cálculo

DIMENSIONES	Unidad	Valor
Largo		
Primer compartimento	m.	1,23
Segundo Compartimento	m.	0,62
TOTAL	m.	1,85
Ancho	m,	0,62
Profundidad Util	m.	1,2
Volumen Util	m ³	1,36
Area Util		1,14
Revancha	m.	0,3
Altura Sup. Líquido bajo Tubería Afluente	m.	0,1

Analizando los resultados mostrados en la tabla anterior, se puede apreciar que para las condiciones de borde adoptadas, el mínimo volumen requerido de la Fosa Séptica es de 1,36 m³.

Por otro lado, las variaciones diarias y horarias de determinados parámetros de las Bases de Cálculo exigirán considerar un volumen adicional de Fosa Séptica. De igual modo, determinados criterios de diseño adoptados pueden estar sujetos a alguna variación producto de las características específicas de la población a servir (Contribución Lodo, etc.) y de las aguas



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

residuales que generen (Coeficientes de Reducción del Volumen Lodo Digerido y del Lodo en Digestión, etc.).



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Considerando lo señalado anteriormente, se adoptará un 20 % de volumen adicional, con lo cual el volumen mínimo de fosa a considerar será del orden de 1,63 m³.

Por otro lado, los proveedores del mercado ofertan en general volúmenes estandarizados de Fosa Séptica. En el caso del ejemplo (densidad adoptada 6 hab/vivienda), los distintos proveedores ofrecen volúmenes que varían entre 1,2 y 2,0 m³ de capacidad, recomendando un volumen mínimo de 1.5 m³ en atención a la seguridad del diseño, frecuencia real de limpieza, etc.

Considerando el volumen mínimo de 1,6 m³ de capacidad obtenido a partir del diseño, se adoptará un volumen comercial de Fosa Séptica de 2,0 m³ de capacidad.

Si por cualquier razón se decide utilizar una Fosa Séptica más pequeña que la correctamente diseñada, se deberá prever una acumulación de lodos que obligará a su extracción a una frecuencia mucho mayor.

Finalmente, el dimensionamiento de la Fosa Séptica deberá considerar lo establecido en el DS 236/26 (Reglamento de Alcantarillados Particulares) donde sea pertinente.

○ **OTROS ESCENARIOS DE UTILIZACION DE FOSA SEPTICA.**

Las Fosas Sépticas detalladas anteriormente son usadas principalmente para residencias y viviendas aisladas. No obstante, existen casos en que grupos de hogares, establecimientos comerciales e incluso pequeñas comunidades, han adoptado como sistema de tratamiento de sus aguas servidas Fosas Sépticas de gran tamaño.

En general, las Fosas Sépticas de gran tamaño se diseñan como reactores de flujo de pistón, siendo una regla común de diseño que la capacidad volumétrica de los tanques sea aproximadamente igual a 5 veces el caudal promedio.

En instalaciones de tratamiento grandes, se utiliza con frecuencia la construcción de Fosas en paralelo, a objeto de asegurar el funcionamiento normal del sistema de tratamiento todos los días del año y ante eventos de detención de una unidad (mantenimiento u otro).



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **COSTOS DE INVERSION Y OPERACIÓN DE FOSAS SEPTICAS.**

En relación a los Costos de Inversión de las Fosas Sépticas, se debe destacar que no es posible definirlos solamente en función de la población a servir, toda vez que también dependerá de otros factores como la calidad requerida por la normativa de emisión en función del escenario de descarga (si procede), la altura de la napa, etc., pudiendo darse casos en que en una misma localidad se deban contemplar diferentes soluciones debido por ejemplo a la presencia de napa subterránea en distintos niveles.

Para ilustrar lo anterior, se presenta a continuación un ejemplo de aplicación de Fosas Sépticas en una localidad (cuyo análisis técnico económico no permitió la instalación de una red de Alcantarillado), donde se debieron definir 3 soluciones individuales para dar cuenta de los niveles de napa subterránea presente.

▪ **BASES DE CÁLCULO.**

Las Bases de Cálculo para la definición de las soluciones obedecen al siguiente detalle.

CUADRO N° 6.23

Bases de Cálculo para la Definición de Soluciones

Densidad [hab/viv]	Dotación [l/hab/día]	Coefficiente Recuperación
6	100	0,95

DBO [gr/hab/día]
30

Parámetro	Razón Parámetro/DBO
Sólidos Suspendidos Totales	1,00
Nitrógeno Kjeldahl Total	0,25
Fósforo Total	0,05
Aceites y Grasas	0,20



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Temperaturas medias de las aguas servidas para efectos de diseño.
 - Verano 25 °C
 - Invierno 12 °C
- Calidad del efluente tratado. Deberá cumplir con lo establecido por la Normativa de Emisión o Calidad Vigente, en los casos que corresponda.

▪ **CONDICIONES DE BORDE ADICIONALES.**

Para la implementación del tratamiento y disposición de las aguas servidas tratadas, se deberán satisfacer las siguientes condiciones de borde.

La desinfección deberá considerar una dosificación del orden de 5 – 7 mg/l, la que deberá ajustarse para que el cloro residual del efluente sea menor a 1 mg/l.

- Instalación del sistema a no menos de 20 metros de cualquier fuente destinada al suministro de agua de bebida, a excepción de las norias que tengan los beneficiarios, las que quedarán fuera de servicio.
- Excluir la incorporación de Aguas Lluvia al sistema.

Analizada la viabilidad conceptual de emplazamiento de las alternativas de tratamiento y las consecuentes componentes unitarias asociadas, se llegó a las siguientes definiciones.

Nivel Napa Subterránea	Solución Contemplada
$x > 2$ m.	Fosa Séptica + Infiltración por Drenos
$1 < x < 2$ m.	Fosa Séptica + Sedimentación Secundaria, +Desinfección (por Cloro) + Infiltración por Drenos
$x < 1$ m.	Fosa Séptica + Sedimentación Secundaria + Desinfección (por Cloro) + Bombeo (a Riego o Infiltración por Drenos)

Como se puede apreciar de la tabla anterior, donde la napa subterránea se encuentra a más de 2 m por debajo del nivel del terreno, se puede aplicar la solución tradicional, consistente en instalar Fosas Sépticas seguidas de una Red de Drenaje.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Donde la napa subterránea se encontraba entre 1 y 2 m por debajo del nivel de terreno, se hizo necesario considerar tratamiento complementario incluyendo Desinfección, y donde se encontraba a menos de 1 m. del nivel de terreno, se consideró la misma solución anterior pero incorporando elevación de las aguas servidas tratadas para poder disponerlas a Riego o Infiltración.

Efectuado el dimensionamiento de las soluciones arriba definidas, las componentes unitarias asociadas a cada escenario (excluyendo todos los implementos adicionales requeridos como Geotextiles, etc.), obedecen al siguiente detalle.

NAPA FREÁTICA A MÁS DE 2 METROS DE LA COTA DE TERRENO.

- Fosa Séptica Vertical de 2.000 litros.
- Drenes de Infiltración (mínimo 25 metros, absorción 36 l/m²/día).

NAPA FREÁTICA ENTRE 1 Y 2 METROS DE LA COTA DE TERRENO.

- Fosa Séptica Vertical de 2.000 litros.
- Cámara de Decantación de 1.000 litros.
- Cloración.
- Drenes de Repartición (mínimo 25 metros, absorción 36 l/m²/día).

NAPA FREÁTICA A MENOS DE 1 METRO DE LA COTA DE TERRENO.

- Fosa Séptica Vertical de 2.000 litros.
- Cámara de Decantación de 1.000 litros.
- Cloración.
- Elevación (bombeo).
- Sistema de Disposición.
 - Drenes de Infiltración (mínimo 25 metros, absorción 36 l/m²/día).
 - Red de Riego.

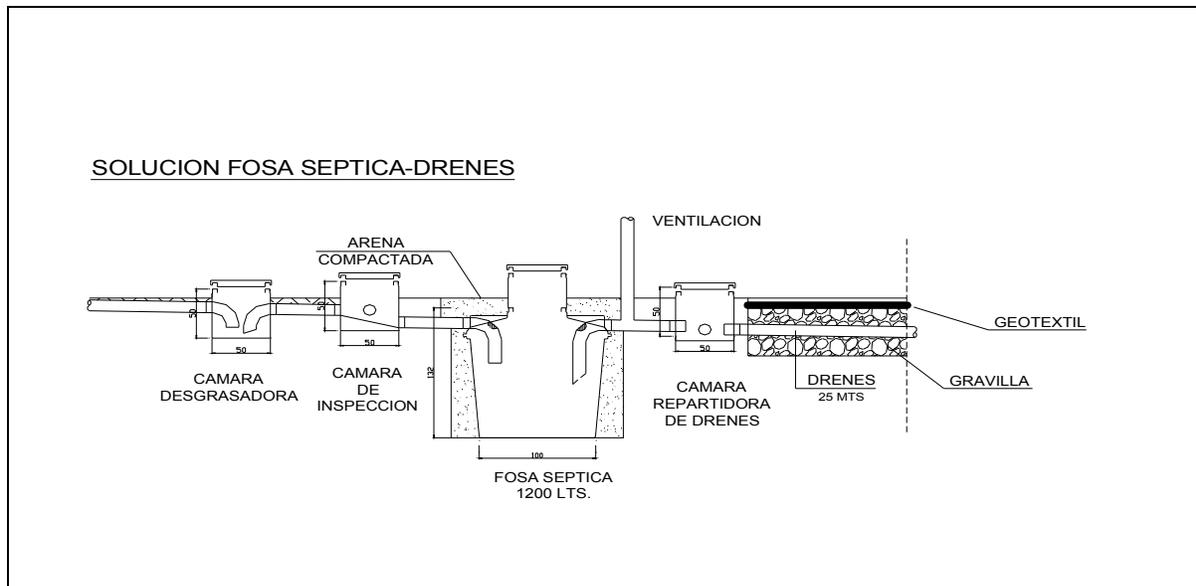
En las figuras siguientes se presenta el Lay Out de las soluciones delineadas anteriormente



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 1.
FOSA SÉPTICA + INFILTRACIÓN POR DRENES.**

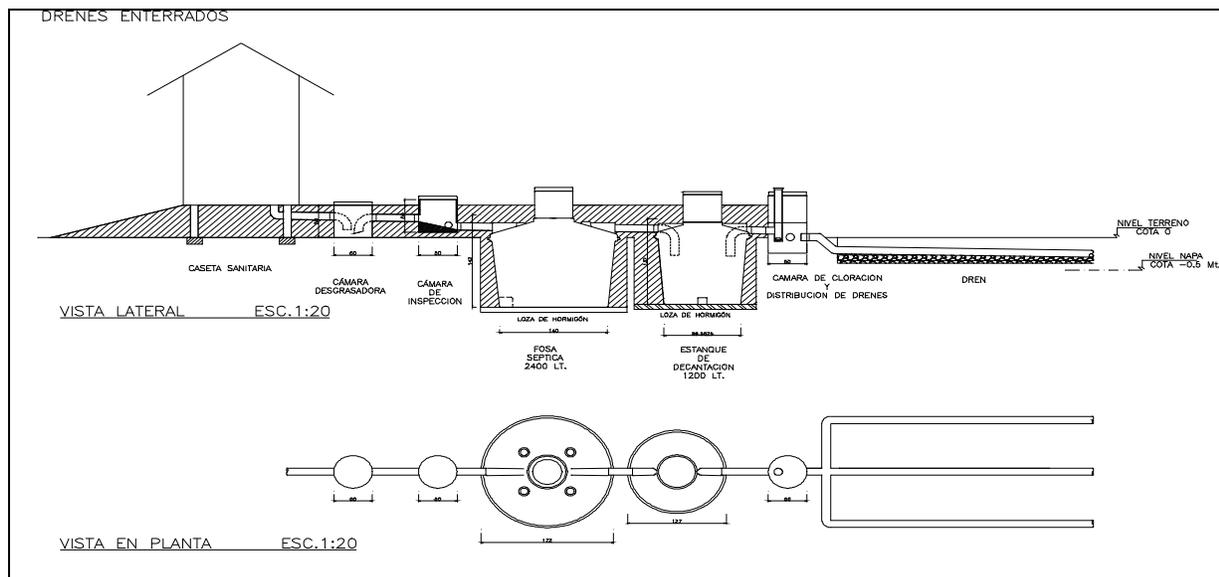




KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 2.
FOSA SÉPTICA + SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA +
DESINFECCIÓN (POR CLORO) + INFILTRACIÓN POR DRENES.**

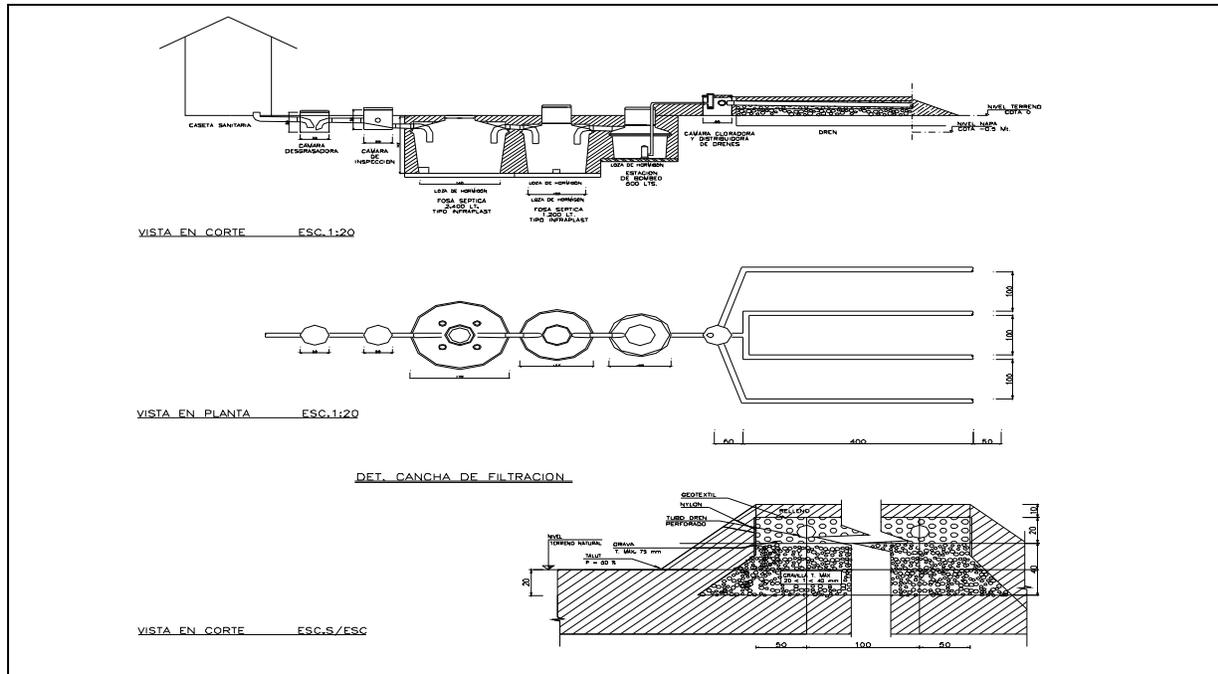




KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 3.
FOSA SÉPTICA + SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA + DESINFECCIÓN
(POR CLORO) + BOMBEO (A RIEGO O INFILTRACIÓN POR DRENES).**





KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

▪ **COSTOS DE INVERSION Y OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Para la estimación de los Costos de Inversión y Operación y Mantenimiento, se consiguió un Presupuesto Referencial de la Empresa Proveedoradora INFRAPLAST, la que puede resumirse del siguiente modo.

**SOLUCION 1.
FOSA SÉPTICA + INFILTRACIÓN POR DRENES.**

○ **COSTOS INVERSION.**

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO [S]		
			UNITARIO	TOTAL	
1.	COMPONENTE				
1.1	Fosa Séptica Vertical 2400 Lts	un	1	204.400	204.400
1.2	15 mts de drenes (absorción 75 l/m2/día)	ml	15	1.200	18.000
1.3	Geotextil	m2	15	720	10.800
	SUB TOTAL 1				\$ 233.200
2.	MATERIALES E INSTALACION				
2.1	Gravilla	m3	6		
2.2	Arena	m3	3		
2.3	Mano de Obra				
	SUB TOTAL 2				\$ 195.000
TOTAL NETO (NO INCLUYE IVA)					\$ 428.200
					UF 24,8

○ **COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

	COSTO MANTENCION ANUAL	FRECUENCIA	COSTO [S]	COSTO ANUAL
1.1	Limpieza con Camión Limpia Fosas	Cada 2 años	30.000	15.000
TOTAL ANUAL (NO INCLUYE IVA)				\$ 15.000
				UF 0,867
TOTAL MENSUAL (NO INCLUYE IVA)				\$ 1.250
				UF 0,0723



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 2.
FOSA SÉPTICA + SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA +
DESINFECCIÓN (POR CLORO) + INFILTRACIÓN POR DRENES.**

○ **COSTOS INVERSION.**

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO [S]		
			UNITARIO	TOTAL	
1.	COMPONENTE				
1.1	Fosa Séptica Vertical 2400 Lts	un	1	204.400	204.400
1.2	Cámara Secundaria Decantación 1200 Lts	un	1	122.000	122.000
1.3	Clorador – Repartidor de Drenes	un	1	35.000	35.000
1.4	25 mts de drenes (absorción 36 l/m2/día)	ml	25	1.200	30.000
1.5	Geotextil	m2	20	720	14.400
	SUB TOTAL 1				\$ 405.800
2	MATERIALES E INSTALACION				
2.1	Gravilla	m3	10		
2.2	Arena	m3	3		
2.3	Cemento para loza en fondo excavaciones	kg	350		
2.4	Malla ACMA	m2	5		
2.5	Cintas de sujeción	ml	16		
2.6	Mano de Obra				
	SUB TOTAL 2				\$ 295.500
TOTAL NETO (NO INCLUYE IVA)					\$ 701.300
					UF 40,5

○ **COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

	COSTO MANTENCION ANUAL	FRECUENCIA	COSTO [UF]	COSTO ANUAL
1.1	Limpieza con Camión Limpia Fosas	Cada 2 años	30.000	15.000
1.2	Cloración*	1 tableta cada 15 días	750	19.500
TOTAL ANUAL (NO INCLUYE IVA)				\$ 34.500
				UF 1,994
TOTAL MENSUAL (NO INCLUYE IVA)				\$ 2.875
				UF 0,1662



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 3.
FOSA SÉPTICA + SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA + DESINFECCIÓN
(POR CLORO) + BOMBEO (A RIEGO O INFILTRACIÓN POR DRENES).**

○ **COSTOS INVERSION.**

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO [S]		
			UNITARIO	TOTAL	
1. COMPONENTE					
1.1	Fosa Séptica Vertical 2400 Lts	un	1	204.400	204.400
1.2	Cámara Secundaria Decantación 1200 Lts.	un	1	122.000	122.000
1.3	Repartidor de Drenes / Clorador.	un	1	25.800	25.800
1.4	20 mts de drenes.	ml	20	1.200	24.000
1.5	30 m2 Geotextil.	m2	30	720	21.600
1.6	Nylon.	m2	22	500	11.000
1.7	Estación de Bombeo con estanque 650+ 1 bomba elevadora+elevadores de registro	un	1	230.000	230.000
SUB TOTAL 1					\$ 638.800
2 MATERIALES E INSTALACION					
2.1	Gravilla	m3	12		
2.2	Cemento para loza en fondo excavaciones	kg	350		
2.3	Malla ACMA	m2	5		
2.4	Cintas de sujeción	ml	16		
2.5	Bombas de Achique	un	1		
2.6	Mano de Obra	hora			
SUB TOTAL 2					\$ 374.800
TOTAL NETO (NO INCLUYE IVA)					\$ 1.013.600
					UF 58,6



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

	COSTO MANTENCION ANUAL	FRECUENCIA	COSTO [S]	COSTO ANUAL
1.1	Limpieza con Camión Limpia Fosas	Cada 2 años	30.000	15.000
	Consumo Bomba - 0,18 kw	12 KW al año (200 minutos al día)	60	720
	Reposición Bomba	Cada 5 años	100.000	20.000
1.2	Cloración*	1 tableta cada 15 días	750	19.500
TOTAL ANUAL (NO INCLUYE IVA)				\$ 55.250
				UF 3,194
TOTAL MENSUAL (NO INCLUYE IVA)				\$ 4.602
				UF 0,2660

El resumen comparativo de los Costos de Inversión y Operación y Mantenimiento obedece al siguiente detalle.

Nivel Napa Subterránea	Solución Contemplada	COSTOS		
		INVERSION [UF]	OPERAC Y MANTENIM	
			[UF/año]	[UF/mes]
x > 2 m.	Fosa Séptica + Infiltración por Drenes	24,8	0,867	0,0723
1 < x < 2m.	Fosa Séptica + Sedim Secundaria + Desinf + Infiltración por Drenes	40,5	1,994	0,1662
x < 1 m.	Fosa Séptica + Sedim Secundaria + Desinf + Bombeo (a Riego o Infiltración)	58,6	3,194	0,2660

Los resultados obtenidos en la tabla anterior, permiten concluir que las soluciones adoptadas en función de los requerimientos específicos ante la presencia de napa subterránea, hacen variar significativamente tanto los Costos de Inversión como de Operación y Mantenimiento.

Expresando los costos en términos relativos con respecto a la solución más barata, se tiene lo siguiente.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

NIVEL NAPA SUBTERRÁNEA	SOLUCIÓN CONTEMPLADA	RAZON SOLUCION / SOLUCION MAS BARATA	
		INVERSION	OPERAC Y MANTENIM
$x > 2$ m.	Fosa Séptica + Infiltración por Drenes	1,00	1,00
$1 < x < 2$ m.	Fosa Séptica + Sedim Secundaria + Desinf + Infil por Drenes	1,63	2,30
$x < 1$ m.	Fosa Séptica + Sedim Secundaria + Desinf + Bombeo (a Riego o Infil)	2,36	3,68

A la luz de lo anterior, las principales conclusiones a que se puede arribar son las siguientes.

- No es posible definir el Costo de Inversión del tratamiento a implementar solamente en función de la población, toda vez que también depende de otros factores como la calidad requerida por la normativa de emisión en función del escenario de descarga, la altura de la napa, etc.
 - Los costos del tratamiento individual crecen significativamente en la medida que se requiere mayor grado de tratamiento (60% incorporando Sedimentación Complementaria y Desinfección y 140 % incorporando adicionalmente elevación)
- **ACTIVIDADES ADICIONALES ASOCIADAS A COSTOS DE OPERACION DE FOSA SEPTICA.**

Entre las actividades asociadas a los costos de Operación de una Fosa Séptica, se recomienda considerar la Inspección de las mismas, la que se debe realizar una o dos veces al año, contemplando las siguientes actividades.

- Revisión de la impermeabilidad del tanque.
- Revisión del ingreso de aguas extrañas al tanque.
- Revisión de empaques en las conducciones que conectan la Fosa Séptica con posteriores componentes de tratamiento o con el sistema de disposición (campos de infiltración, etc.).
- Revisión de la acumulación de lodo y espuma.
- Medición con vara del espesor de la capa de espuma.
- Medición del espesor de la capa de lodo con el ensayo de extinción de la luz.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **PRINCIPALES PROVEEDORES DE FOSAS SEPTICAS DEL MERCADO LOCAL.**

Existen numerosos proveedores de Fosas Sépticas en el Mercado local, y sus productos tienen características muy similares entre sí, dando por lo general cumplimiento a lo establecido en el DS 236/26 (Reglamento de Alcantarillados Particulares actualmente en etapa de readecuación) en cuanto a su volumen y dimensionamiento.

Considerando lo anterior, se presenta a continuación un sistema referencial ofertado por un Proveedor (Ecoplastix), el que consiste en una Fosa Séptica de Doble Cámara.

Dicho sistema consta de dos cámaras (separadas por una pared estanca y comunicadas entre sí por una serie de orificios, la primera de las cuales tiene un volumen que corresponde a 2/3 del volumen total, y tiene por objetivo lograr la decantación de sólidos ayudados por un tabique separador. En la segunda cámara se produce una nueva decantación de sólidos y la evacuación del efluente tratado a un sistema de drenaje.

De acuerdo a lo establecido por el proveedor, las principales características del sistema pueden resumirse del siguiente modo.

- Sistema de doble Cámara.
- Resistencia mecánica adecuada.
- Resistente a la corrosión de agentes químicos
- Incluye fittings.
- Inspección recomendada cada seis meses y limpiar una vez al año

En lo referido a las Especificaciones Técnicas, pueden resumirse del siguiente modo.

Tipo	Doble cámara
Peso	100 Kg o más, dependiendo del tamaño.
Volumen	Dependiente de la población a servir.
Material	Polietileno de Alta Densidad, pigmentado de color negro, con aditivo para protección UV.
Cuerpo	Diseñado con nervaduras para mayor resistencia mecánica
Fitting	PVC Sanitario



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

El proveedor dispone de un Sistema de Tratamiento Secundario aplicable donde hay presencia de napa freática superficial.

El sistema de tratamiento de las aguas servidas domiciliarias contempla las siguientes etapas.

Proceso
Retención de Aceites y Grasas y jabones
Digestión Anaeróbica
Decantación
Clarificación Imhoff
Desinfección
Drenaje

En lo referido a la retención de Aceites, Grasas y Jabones, se instala en el exterior de la vivienda una cámara desgrasadora en el desagüe del lavaplatos y una cámara corta jabones en el desagüe del lavadero para retener las grasas, aceites y jabones según corresponda, con el objeto de evitar que sigan aguas abajo en el sistema.

Los Aceites y Grasas y jabones forman natas sobre la superficie de los equipos reduciendo el espacio comprendido entre la superficie y la zona de los lodos, provocando el arrastre de los sólidos, aceites y grasas y jabones a las cámaras siguientes y hasta salir eventualmente en la descarga del agua servida tratada vertida en la superficie. Los Aceites y Grasas forman películas en superficie desagradables visualmente, en tanto que los jabones forman espumas muy estables.

En cuanto a la Fosa Séptica propiamente tal, contempla un Digestor Anaeróbico cuyo volumen útil está en función del número de habitantes de la vivienda y la dotación. Las aguas servidas ingresan a la componente unitaria luego de pasar por la etapa de retención de aceites y grasas y jabones u otros elementos flotantes; permitiendo que sedimenten los sólidos más gruesos y se produzca una descomposición y digestión de ellos por acción de bacterias anaeróbicas.

Seguidamente, se incorpora un compartimiento decantador de dos cámaras, del mismo volumen del primero. En la primera cámara las partículas más gruesas en suspensión y flóculos de masa biológica decantan por acción gravitacional y permiten un mayor tiempo de acción bacteriana, prolongando la digestión anaeróbica.

En la segunda cámara, sedimentan las partículas finas en suspensión y flóculos de masa biológica que pasaron de la primera cámara, mediante un sistema de clarificación tipo Imhoff. La salida de esta última cámara es tomada directamente del interior del cono Imhoff, para pasar a la etapa de Desinfección con una consistencia de líquido muy claro.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Seguidamente, se contempla Desinfección mediante Cloración para reducir los aportes contaminantes bacteriológicos (Coliformes Fecales y bacterias patógenas) contenidos en las aguas servidas, mediante la aplicación de compuestos de cloro.

Las componentes unitarias utilizadas corresponden a una cámara de Cloración (y una cámara de Decloración si fuere del caso), intercomunicadas con accesos para dosificar manualmente los componentes químicos requeridos.

Finalmente el agua desinfectada es infiltrada en la tierra a poca profundidad, mediante zanjas de drenaje, utilizando tres salidas convenientemente ubicadas en la cámara decloradora de tal forma que permita un flujo equitativo en tres direcciones formando un tridente en la tierra donde se instalará la tubería flexible de drenaje en las zanjas previamente construidas.

Las zanjas de drenaje se construyen con 60 a 80 cm de ancho, cuyo fondo está compuesto por una capa de 10 a 20 cm de ripio o gravilla. Una vez incorporada la tubería flexible de drenaje en la zanja, se cubre con ripio o gravilla dejando una capa de 10 cm sobre la tubería, para posteriormente cubrir la zanja con un material impermeable sintético, sobre la cual se incorpora el material sacado de la excavación.

○ **OTRAS SOLUCIONES INDIVIDUALES.**

A objeto de poder contar con información técnica de alternativas de tratamiento distintas a las Fosas Sépticas, se presenta a continuación un resumen de los tipos de tratamiento individuales disponibles en el mercado local, debiendo destacar que las diversas tecnologías están asociadas en muchos casos al Know How de los proveedores, por lo que se presenta a continuación en forma referencial, el resumen de las tecnologías disponibles y los proveedores asociados a las mismas.

● **TRATAMIENTO EN BASE A LODOS ACTIVADOS.**

El mercado ofrece soluciones individuales de tratamiento en base a lodos activados, pudiendo incluir Tratamiento Preliminar (retención de sólidos y/o separación de Aceites y Grasas), Tratamiento Secundario (Aeración y Sedimentación) y Desinfección del efluente, el que puede ser utilizado para riego o infiltración subsuperficial. Asimismo, el circuito de lodos incluye Espesamiento (generalmente Gravitacional) y/o Digestión (generalmente Aeróbica).

A continuación se presenta el detalle de las tecnologías por Lodos Activados ofertadas por algunos proveedores del mercado local.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **ECOPLANT (FIBRA).**

La planta ECOPLANT consta de una Cámara de Rejas, cuya función es retener sólidos o plásticos que no pueden ser degradados por la planta. Seguidamente, el afluente ingresa a un reactor aeróbico donde es sometido a aeración para mantener una población bacteriana aeróbica que reduce el material orgánico.

El efluente del Tanque de Aeración es enviado a la componente de Sedimentación, donde tiene lugar un proceso de clarificación de las aguas servidas por medio de la decantación de las partículas en suspensión al fondo del estanque. El líquido sobrenadante es descargado a la unidad de desinfección, en tanto que los lodos sedimentados son retornados al Tanque de Aeración.

La componente de Desinfección contempla un dispositivo clorador en base a tabletas de Hipoclorito de Calcio y un Estanque de Contacto.

Para el proceso descrito las unidades incorporan el siguiente equipamiento:

- Línea de Aire.
 - Manifold de aeración en cañería de PVC hidráulico C-6 para el tramo aéreo y tramos sumergidos en el reactor.
 - Difusor de membrana tipo plato, marca REPICKY o similar.
 - Soplador s/aceite.
 - Tablero de control equipado con protectores térmicos, contactores y luces piloto de fase y falla térmica, gabinete IP55.
- Línea de Lodo.
 - Sistema airlift para retornar lodos desde la Sedimentación Secundaria al Tanque de Aeración.
- Línea de Desinfección.
 - Equipo Clorador en base a tableta de Hipoclorito de Calcio y estanque de Contacto para 30 minutos de Retención



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Por otro lado, el equipo aerador va incorporado en la unidad, y sólo es necesario conectarlo eléctricamente.

El proveedor establece que se pueden incorporar Cámaras Desgrasadoras, Cámaras de Distribución o Cámaras Repartidoras, todas ellas prefabricadas en Polietileno rotomodelado de 6 mm de espesor, de alta resistencia y durabilidad.

Asimismo, establece que la planta es despachada en un 100 % armada y probada, y contará con un Manual completo de Montaje, Instalación y Puesta en Marcha que permitirán realizar las operaciones sin apoyo externo.

De acuerdo a lo señalado preliminarmente, el Costo Mensual de Operación varía entre 0,4 y 0,6 UF.

○ **WIND WATER.**

Las principales componentes unitarias del sistema de tratamiento comprenden lo siguiente.

- Tratamiento Primario.
 - Retención de Aceites y Grasas.
 - Retención de Sólidos Gruesos
- Tratamiento Secundario.
 - Reactores Aeróbico y Anaeróbico.
 - Clarificación.
- Tratamiento Terciario.
 - Desinfección por Cloración (u opcionalmente por Radiación Ultravioleta) y posterior Decloración.
- Tratamiento de Lodos.
 - Digestión Aeróbica de Lodos.

Las plantas de tratamiento de aguas servidas que ofrece el mercado local pueden ser prefabricadas o construidas in situ, dependiendo de su tamaño o la cantidad de viviendas que atenderán. En cuanto al material, pueden ser construidas en FRP (fibra de vidrio reforzado) o albañilería armada.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **FIBROGEN.**

La Empresa Fibrogen ofrece plantas individuales completas en un solo estanque denominado BIOCYCLE, el que se encuentra dividido en 4 secciones principales.

- Primera sección. Tratamiento Anaeróbico.
- Segunda sección. Tanque de Aeración.
- Tercera sección. Sedimentación.
- Cuarta sección. Desinfección de las aguas servidas tratadas.

El proveedor señala que ante cualquier inconveniente se activará un panel de control instalado dentro de la vivienda, y efectuando una llamada telefónica aseguran un rápido servicio y pronta solución.

• **TRATAMIENTO EN BASE A CULTIVO FIJO.**

○ **INFRAPLAST.**

El proveedor entrega soluciones individuales de todo tipo de tecnología, entre las cuales oferta una en base a Cultivo Fijo, diseñada especialmente para soluciones sanitarias que pueden emplazarse en terrenos de condiciones extremas de napa superficial.

El sistema de tratamiento está compuesto de las siguientes componentes unitarias.

- Desgrasador.
- Fosa Séptica, cuya función es la Sedimentación de Sólidos y Digestión Anaeróbica de lodos.
- Filtro Biológico Activado cuyas funciones son.
 - Oxidación de la materia orgánica.
 - Impulsión del efluente hacia una cancha de filtración en elevación o un drenaje a distancia de las fosas.
- Clorador/Repartidor a Drenes, cuyas funciones son.
 - Desinfección de las aguas servidas tratadas.
 - Repartición en tubos de drenaje (2 ó 3) de las aguas servidas tratadas para infiltración.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

De acuerdo a lo descrito, el principio del funcionamiento del Filtro Biológico Activado (FBA) obedece a lo siguiente.

- **PERCOLACION.**
El afluente ingresa por medio de un repartidor de flujo y luego cae en forma gravitacional a través del sistema de percolación donde se desarrolla la flora bacteriana (cámara de percolación). El agua percolada se clarifica en el fondo de la fosa.
- **CAMARA DE BOMBEO.**
El nivel de agua sube lentamente e ingresa por rebalse a la cámara de bombeo central, la que al llenarse activa un sensor de nivel de la bomba que la pone en marcha para impulsarla hacia el sistema de drenaje.
- **RECIRCULACION.**
Una parte del caudal se retorna a la cámara de percolación.

Las principales características del Filtro Biológico Activado pueden resumirse del siguiente modo.

- **Materiales**
 - Estanque Polietileno de Alta Densidad
 - Relleno Compacto PVC
 - Repartidor de Caudal Polietileno de Alta Densidad
 - Cámara de Bombeo Polietileno de Alta Densidad
 - Accesorios PVC
 - Accesorios de sujeción Nylon o Acero Galvanizado
- Bomba sumergible 220 Volts



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Las principales ventajas descritas por el proveedor son las siguientes.

- La presencia de una bomba en la fosa con filtro activado permite impulsar las aguas tratadas hacia un sistema de drenaje en superficie (o en elevación) evitando así la napa freática y repartir las aguas en forma uniforme a lo largo de todo el dren.
- Con cada partida de la bomba se produce un tiraje de aire hacia el sistema de percolación, mejorando así la oxigenación de las bacterias.
- Con cada detención de la bomba, el sistema entra en un proceso de clarificación, evitando el paso de lodos y sólidos en suspensión hacia el sistema de drenaje.
- El sistema de Recirculación facilita la circulación de las aguas dentro de la cámara de percolación y mejora la oxigenación.

Finalmente, las actividades de mantención señaladas por el proveedor se reducen fundamentalmente a las siguientes.

- Verificación del funcionamiento adecuado de la bomba (control de la luz piloto, altura sensor, bloqueo sensor, etc.)
- Limpieza de lodos cada 6 meses. Alternativamente, se puede utilizar la bomba conectando una manguera que succione los lodos acumulados en la cámara de percolación y reenviarlos hacia la fosa séptica.

En cuanto a la eficiencia, se señala que el sistema en conjunto con una cancha de filtración apropiada, permite una purificación de las aguas de un 90 % pero no especifica en términos de cual(es) parámetro(s).

En cuanto a la Instalación, el proveedor señala que cuando la napa freática es alta y no permite el drenaje por gravedad, la Fosa con Filtro Biológico Activado se debe instalar tomando precauciones mínimas para evitar el levantamiento de los equipos cuando la napa está en su máximo nivel. Entre ellas, cabe destacar las siguientes.

- Instalar la Fosa con Filtro Biológico Activado sobre un radier de cemento de un peso mínimo de 1200 Kg.
- Amarrar la Fosa con Filtro Biológico Activado con cintas anticorrosivas de mínimo 40 mm de ancho para evitar el daño del material de la cámara de polietileno.
- Llenar la Fosa con Filtro Biológico Activado con agua para asegurar un buen relleno y posteriormente encender la bomba para las pruebas pertinentes.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

• **OTROS TIPOS DE TRATAMIENTO.**

Aparte de las tecnologías en base a Fosas Sépticas, Cultivo Suspendido por Lodos Activados y Cultivo Fijo, el mercado cuenta con otras tecnologías como las que se señalan a continuación.

○ **HIDROPLANTA DOMICILIARIA. GANTER & ERRAZURIZ.**

El tratamiento comienza con una Fosa Séptica, cuyo objetivo es lograr una decantación de los sólidos presentes. Seguidamente, el efluente es ingresado a un tratamiento biológico que funciona en forma natural, llamado HidroPlanta, que es una laguna con plantas acuáticas flotantes incorporadas.

Finalmente, el efluente del sistema HidroPlanta es sometido a Desinfección por Cloración y posterior Decloración (de requerirse).

El proveedor establece que para un adecuado funcionamiento del sistema se deberán evacuar anualmente los lodos de la fosa séptica, pues un paso de sólidos al sistema HidroPlanta puede estropear su funcionamiento.

Adicionalmente, ofrece en forma opcional un tratamiento de lodos denominado TerraPlanta y Mantenimiento anual del sistema por medio de un servicio contratado.

En cuanto al Equipamiento del Sistema, incluye generalmente lo siguiente.

Fosa séptica 1 m ³
1 Cámara de bombeo
1 Bomba *
1 HidroPlanta
1 Clorador y Declorador
1 Compresor

* Si fuese necesario bombear a una cota superior.

El proveedor estima un tiempo de construcción del sistema del orden de 2 meses.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **BAÑO ECOLOGICO. TERRITORIO SUR.**

El baño ecológico es un sistema de disposición de excretas, que separa la orina y las excretas in situ, por medio de una taza separadora, sin usar agua para su operación.

El sistema se basa en la alternancia de dos cámaras, de manera que mientras una está en uso, la otra permanece en reposo.

La materia fecal queda separada de las aguas servidas, orina y suelo, permitiendo así su descomposición en una de las cámaras aisladas del ambiente, que adquiere temperatura y ventilación gracias a la captación de energía solar.

El baño puede ser integrado a viviendas existentes y constituye una solución completa que incluye lavamanos, ducha y tina.

De acuerdo a lo establecido por el proveedor, las ventajas del baño ecológico son las siguientes.

- No necesita agua para su funcionamiento. Solamente ocupa agua para el uso del lavamanos, urinario y ducha.
- Puede ser integrado a una vivienda existente.
- No contamina el suelo ni las aguas subterráneas.
- Después de un año en reposo, el material que se genera en sus cámaras es inocuo e inodoro, no constituyendo su manipulación un riesgo sanitario.

En lo referido a la mantención del Baño Ecológico, debe considerar las siguientes actividades.

- Agregar al final de cada día un puñado de algún material secante como hojas secas, aserrín, cenizas, u otros por el orificio de la taza separadora
- Limpiar cada cierto tiempo las tapas metálicas de las cámaras.
- Asear el artefacto y el piso al igual que en cualquier baño tradicional.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

6.3.2 SISTEMAS RURALES CENTRALIZADOS.

6.3.2.1 EVALUACIÓN GENERAL DEL ESCENARIO.

A diferencia de los sistemas Descentralizados analizados en el numeral anterior, las tecnologías aplicables a los sistemas Centralizados (vale decir, aquellos que cuentan con Red de Alcantarillado) son válidas tanto para el área Rural como Urbana.

Por otro lado, un aspecto de fundamental importancia a considerar, lo constituye el que la normativa de emisión vigente (en cualquiera de sus escenarios) define como establecimiento emisor cuando se descarga una carga contaminante media diaria de valor superior al equivalente a las aguas servidas de una población de 100 personas, de acuerdo a lo siguiente.

DS 90/00 (Descarga a Cuerpos de Agua Superficiales).

“

Establecimiento emisor: es el establecimiento industrial, residencial o de servicios sanitarios que descarga residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales, lacustres y marinos, como resultado de su proceso, actividad o servicio, con una carga contaminante media diaria de valor superior al equivalente a las aguas servidas de una población de 100 personas (*) en uno o más de los parámetros señalados, conforme a la siguiente tabla:

Parámetro	Valor Característico	Carga contaminante equiv. 100 Hab/día
pH **	6 - 8	---
Temperatura **	20 ° C	---
Sólidos Suspendidos	220 mg/L	3.520 g/d
Sólidos Sedimentables **	6 ml/L 1h	---
Aceites y Grasas	60 mg/L	960 g/d
Hidrocarburos	10 mg/L	160 g/d
DBO ₅	250 mg O ₂ /L	4.000 g/d
Arsénico	0,05 mg/L	0,8 g/d
Cadmio	0,01 mg/L	0.16 g/d
Cianuro	0,20 mg/L	3,2 g/d
Cobre	1 mg/L	16 g/d
Cromo Total	0,1 mg/L	1,6 g/d
Cromo Hexavalente	0,05 mg/L	0,8 g/d
Fósforo Total	5 mg/L	80 g/d
Mercurio	0,001 mg/L	0,02 g/d
Níquel	0,1 mg/L	1,6 g/d
Nitrógeno	50 mg/L	800 g/d
Plomo	0,2 mg/L	3,2 g/d
Sulfatos (disueltos)	300 mg/L	4.800 g/d



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Parámetro	Valor Característico	Carga contaminante equiv. 100 Hab/día
Sulfuro	3 mg/L	48 g/d
Zinc	1 mg/L	16 g/d
Compuestos Fenólicos	0,05 mg/L	0,8 g/d
SAAM	10 mg/L	160 g/d
Coliformes Fecales	10 ⁷ NMP/100 ml	2x10 ¹² coli/d

*) Se consideró una dotación de agua potable de 200 L/hab/día y un coeficiente de recuperación de 0,8.

**) Expresados en valor absoluto y no en términos de carga.

Los establecimientos que no emitan una carga contaminante media diaria de valor superior al equivalente a las aguas servidas de una población de 100 personas no son establecimientos emisores para los efectos de esta norma y no quedan sujetos a la misma.

DS 46/02 (Descarga a Cuerpos de Agua Subterráneos).

“

Fuente Emisora: establecimiento que descarga sus residuos líquidos por medio de obras de infiltración tales como zanjas, drenes, lagunas, pozos de infiltración, u otra obra destinada a infiltrar dichos residuos a través de la zona no saturada del acuífero, como resultado de su proceso, actividad o servicio, con una carga contaminante media diaria superior en uno o más para los parámetros indicados en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor Característico	Carga contaminante equiv. 100 Hab/día
Aceites y Grasas	60 mg/L	960 g/d
Aluminio	1 mg/l	16 g/d
Arsénico	0,05 mg/L	0,8 g/d
Benceno	0,010 mg/l	0,16 g/d
Boro	0,75 mg/l	12,8 g/d
Cadmio	0,01 mg/L	0,16 g/d
Cianuro	0,20 mg/L	3,2 g/d
Cloruros	400 mg/l	6400 g/d
Cobre	1 mg/L	16 g/d
Cromo Hexavalente	0,05 mg/L	0,8 g/d
Fluoruros	1,5 mg/l	24 g/d
Hierro	1,0 mg/l	16 g/d
Manganeso	0,3 mg/l	4,8 g/d
Mercurio	0,001 mg/L	0,02 g/d
Molibdeno	0,07 mg/l	1,12 g/d
Níquel	0,1 mg/L	1,6 g/d
Nitrógeno Kjeldahl Total	50 mg/L	800 g/d
Nitrito + Nitrato	15 mg/l	240 g/d
Pentaclorofenol	0,009 mg/l	0,144 g/d
Plomo	0,2 mg/L	3,2 g/d



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Parámetro	Valor Característico	Carga contaminante equiv. 100 Hab/día
Selenio	0,01 mg/l	0,16 g/d
Sulfatos (disueltos)	300 mg/L	4.800 g/d
Sulfuro	3 mg/L	48 g/d
Tetracloroetano	0,04 mg/l	0,64 g/d
Tolueno	0,7 mg/l	11,2 g/d
Triclorometano	0,2 mg/l	3,2 g/d
Xileno	0,5 mg/l	8,0 g/d
Zinc	1 mg/L	16 g/d

*) Se consideró una dotación de agua potable de 200 L/hab/día y un coeficiente de recuperación de 0,8.

Los residuos líquidos deberán mantenerse con un valor característico en un rango de pH entre 6 y 8.

Los establecimientos que emitan una carga contaminante media diaria igual o inferior a lo señalado, no se consideran fuentes emisoras para los efectos del presente decreto y no quedan sujetos a la misma, en tanto se mantengan dichas condiciones

Los establecimientos que no emitan una carga contaminante media diaria de valor superior al equivalente a las aguas servidas de una población de 100 personas no son establecimientos emisores para los efectos de esta norma y no quedan sujetos a la misma.

Desde el punto de vista del cumplimiento o no de dichas normativas, vale decir, si el grado de remoción requerido es alcanzado o no en término de los principales parámetros de interés, ello puede ser evaluado solamente para el DS 90/00 y no para el DS 46/02, toda vez que este último lleva asociado el concepto de Infiltración hacia un suelo, en que se debe evaluar la Capacidad de Campo Efectiva (CCE) de dicho suelo en base a medidas para cada horizonte de suelo individual, conforme a lo detallado en el MANUAL PARA LA APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS ESTABLECIDO EN LA NORMA DE EMISIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS SUBTERRÁNEAS. DECRETO SUPREMO N° 46 DE 2002.

Por otro lado, el Manual establece a la letra que “Los titulares de los proyectos que infiltren (fuentes existentes) o requieran infiltrar (fuentes nuevas) los efluentes de sus procesos y que sean considerados fuentes emisoras de acuerdo al DS 46/02, deberán presentar un informe con la Determinación de la Vulnerabilidad de los Acuíferos de acuerdo a dicho Manual. La Dirección General de Aguas (DGA) visará los informes y se pronunciará respecto de la vulnerabilidad del acuífero mediante una resolución”.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

A la luz de lo anterior, se puede concluir que para viabilizar la alternativa de descarga a cuerpos de agua Subterráneos, se debe contar con los estudios y pruebas exigidas por la normativa vigente al respecto.

6.3.2.2 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.

Sentado el marco anterior, y a objeto de definir el espectro de alternativas de tratamiento a analizar, se presenta a continuación un análisis somero de las mismas.

Las alternativas de tratamiento propiamente tales pueden englobarse en dos áreas, constituidas por tratamientos del tipo **Biológico** y **Fisicoquímico**. A su vez, las primeras pueden clasificarse en Tratamientos Biológicos del Tipo **Convencional** y **No Convencional**.

Los sistemas No Convencionales prescinden de mecanización, pero requieren grandes áreas de terreno (Lagunas de Estabilización Facultativas Lagunas Anaeróbicas, “Wetlands”, etc.), en tanto que los sistemas Convencionales involucran mecanización de los sistemas y se dividen a su vez según el tipo de cultivo que se trate, en Cultivo Fijo y Suspendido.

En lo referido a los sistemas en base a Cultivo Fijo (biomasa adherida en forma de película a un medio de soporte) denominados genéricamente Lechos Bacterianos, las versiones más difundidas la constituyen los Biofiltros o Filtros Percoladores y los Biodiscos o Contactores Biológicos Rotatorios (CBR).

En cuanto a los sistemas en base a Cultivo Suspendido (biomasa llamada licor mezclado en suspensión en un estanque), denominado genéricamente como Lodos Activados, las versiones más difundidas la constituyen los Lodos Activados por Aeración Extendida, a Media Carga y Convencionales.

Por otro lado, una alternativa que también puede considerarse también como Convencional en base a Cultivo Suspendido, la constituyen las Lagunas Aeradas (o aireadas), cuyas versiones más difundidas corresponden a Lagunas Aeradas a Mezcla Completa, Lagunas Aeradas Multicelulares y Lagunas Aeradas Facultativas.

Finalmente, y a diferencia de las alternativas biológicas, el Tratamiento Fisicoquímico no involucra el mejoramiento de la calidad de las aguas servidas por medio de un proceso biológico, sino fundamentalmente por reacción física y química sobre la base de adición de reactivos específicos.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Estos sistemas cuentan con componentes unitarias de tratamiento de tipo físico (sedimentación, flotación, filtración, etc.) donde tienen lugar reacciones estequiométricas ante la adición de ciertos reactivos dados (coagulantes, polielectrolitos, polímeros etc.).

Considerando lo anteriormente establecido, el espectro de alternativas de sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas del tipo Centralizado puede sistematizarse del siguiente modo.

- **BIOLOGICOS.**
 - Sistemas No Convencionales.
 - Lagunas de Estabilización Facultativas.
 - Lagunas Anaeróbicas.
 - Wetlands.
 - Sistemas Convencionales.
 - Cultivo Fijo.
 - Biofiltros o Filtros Percoladores.
 - Biodiscos o Contactores Biológicos Rotatorios.
 - Cultivo Suspendido.
 - Aeración Extendida.
 - A Media Carga.
 - Convencionales.
 - Lagunas Aeradas.
 - A Mezcla Completa.
 - Multicelulares.
 - Facultativas.
- **FISICOQUIMICO.**

Las principales características de las alternativas pueden resumirse del siguiente modo.

6.3.2.2.1 ALTERNATIVAS DEL TIPO NO CONVENCIONAL.

Las alternativas del tipo No Convencional son en general sistemas naturales, y en la mayoría de ellos no se cuenta con variables operativas que permitan controlar el sistema, no pudiendo en consecuencia asegurar la calidad exigida por la normativa vigente como promedio diario en forma estable. En el actual estado del arte en el país, ello las torna inviables como solución, especialmente considerando el número mínimo de muestras mensuales de control exigidas. Adicionalmente, ante cualquier desestabilización del sistema la calidad del efluente puede deteriorarse por largos períodos de tiempo.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Las principales alternativas y sus características asociadas, pueden resumirse del siguiente modo.

- **LAGUNAS DE ESTABILIZACION.**

Dentro de las alternativas del tipo No Convencional, las de mayor difusión las constituyen las Lagunas de Estabilización, con un amplio espectro de configuraciones dependiendo de las componentes unitarias involucradas. Las más aplicadas contemplan las siguientes configuraciones.

- Facultativas en Serie y/o Paralelo
- Anaeróbicas – Facultativas

- **LAGUNAS FACULTATIVAS.**

Los sistemas de tratamiento en base a Lagunas de Estabilización Facultativas tienen difusión primordialmente en aguas servidas domésticas netas, cuya carga orgánica en términos de concentración es del orden de 100 – 300 mgDBO/l. En términos de carga orgánica superficial, exigen de grandes requerimientos de terreno, puesto que para que el sistema se comporte como Facultativo se debe cumplir con que la Carga Orgánica Aplicada sea menor a la Máxima Carga Orgánica Admisible, la que viene dada por.

$$MCO = 357,4 \times 1,085^{(T - 20)} \quad , \text{ KgDBO/Ha.día}$$

donde T = Temperatura media del agua en la laguna correspondiente al mes más frío del año, °C

Esta alternativa de tratamiento se ve más desfavorecida aun, si las Aguas Servidas traen un **alto contenido de Sulfatos**, lo que hace que el comportamiento y eficiencia de las unidades, en especial las componentes primarias, llegue a ser discontinuo en el tiempo. Como consecuencia de ello, el sistema se ve propenso a la potencial generación de olores ofensivos.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Gloyna et al, estimaron la producción de Sulfuros en función del Período de Retención de la laguna, la Carga Orgánica Aplicada y el Contenido de Sulfatos presentes en las aguas servidas, del siguiente modo.

$$S^{\equiv} = [1,058 \times 10^{-4} \text{ CO} - 1,55 \times 10^{-3} \text{ PR} + 5,53 \times 10^{-2}] \text{ SO}_4^{\equiv}$$

donde CO = Carga Orgánica Aplicada, KgDBO/Ha.día
 PR = Período de Retención, días
 SO₄[≡] = Contenido Sulfatos Aguas Servidas

Se puede apreciar claramente que la generación de sulfuros en una laguna del tipo facultativo, está altamente influenciada por la cantidad de oxígeno disponible. Si el contenido de oxígeno molecular en la Laguna es absorbido por la carga orgánica afluyente al límite de agotarlo, entonces las bacterias empiezan a obtener el oxígeno de los compuestos oxigenados presentes en el agua como Nitratos (NO₃⁻), Sulfatos (SO₄[≡]), etc., con la consecuente reducción de los mismos.

En ausencia de Nitratos ocurre la reducción de Sulfatos, y por ser el metabolismo de las bacterias desnitrificantes más rápido que el de las que reducen Sulfatos, en presencia de Nitratos estas últimas son desplazadas del sistema.

Se debe destacar que tanto las bacterias que reducen Nitratos como Sulfatos, son estrictamente anaeróbicas, compitiendo por el Carbono orgánico presente en las Lagunas.

A la luz de lo expuesto anteriormente, se puede concluir que la alteración del oxígeno necesario para que una laguna facultativa opere en régimen continuo bajo condiciones de alta carga orgánica aplicada o bajo período de retención en presencia de un elevado contenido de Sulfatos, generará inevitablemente oscilaciones en su comportamiento, problemas de eventual anaerobicidad y generación de olores ofensivos, tornando al sistema particularmente sensible y de difícil control.

○ **LAGUNAS ANAEROBICAS.**

El proceso del tratamiento en una laguna anaeróbica obedece a dos etapas, la primera de las cuales es la fermentación, generada por bacterias del tipo facultativo, y la segunda o metanogénesis, generada por bacterias estrictamente anaeróbicas.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Las Lagunas Anaeróbicas son dimensionadas bajo el concepto de carga volumétrica aplicada, y permiten en general profundidades que oscilan entre 3 y 5 metros, lo que redonda en un menor requerimiento de terreno en comparación con Lagunas Facultativas.

Por las características propias de la población microbiana y el habitat en que se desarrollan, las lagunas Anaeróbicas son especialmente sensibles a cambios como el Ph y la Temperatura, de manera que una variación en 2 unidades de pH o 2 grados centígrados puede llevar al desequilibrio de la población microbiana, generando olores ofensivos en el entorno, el colapso temporal del sistema y una lenta recuperación.

En el país prácticamente no se cuenta con Lagunas Anaeróbicas para el tratamiento de aguas servidas domésticas.

- **SISTEMAS WETLAND.**

En los últimos años, el sistema de tratamiento “Wetland” ha ganado considerable interés, especialmente en los Estados Unidos, debido fundamentalmente a la alta remoción de todo tipo de parámetros, incluyendo metales tóxicos y pesados. En general, el sistema contempla un Tratamiento Primario consistente en Sedimentación Primaria, luego de lo cual las aguas servidas efluentes ingresan a una laguna de baja profundidad (1 metro) con 50 – 60 cm de grava incorporada, y en la que se encuentran plantadas determinados tipos de plantas como la Totorá y el Bulrush, con el objeto de remover los parámetros contaminantes de interés. Seguidamente, las aguas servidas pasan por un sector de la misma profundidad pero sin grava, en el que se encuentran emplazados Jacintos Acuáticos (*Eichhornia Crassipes*), que son plantas del tipo flotante, y cuya función consiste en pulir la calidad del efluente.

Desde el punto de vista de la eficiencia de tratamiento, este proceso natural ha mostrado un alto grado de abatimiento de los parámetros contaminantes, incluidos los bacteriológicos, quedando la calidad del efluente final dentro de lo estipulado por las normativas más restrictivas.

Esta alternativa tiene criterios de diseño variados y una de sus principales desventajas es que no cuenta con variables operativas que permitan el adecuado control del sistema ante cualquier eventualidad, por lo cual no se recomienda adoptarlo como tratamiento intensivo cuando se debe dar cuenta de la normativa vigente a todo evento, sino quizás cuando se busca un pulido más acabado del efluente final.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

6.3.2.2.2 ALTERNATIVAS DEL TIPO CONVENCIONAL.

Las alternativas de tratamiento del tipo **Convencional** presentan también un amplio espectro de posibilidades, dentro de las cuales, las de tecnología establecida más importantes son las siguientes.

- Cultivo Suspendido Aeróbico (Lodos Activados).
- Cultivo Fijo (Lechos Bacterianos).

○ **CULTIVO SUSPENDIDO AEROBICO (LODOS ACTIVADOS).**

○ **CONFIGURACIONES EXISTENTES**

En estos sistemas, la biomasa se mantiene en agitación en un Estanque de Aeración desde donde pasa a una unidad de Sedimentación. La biomasa sedimentada es devuelta parcialmente al tratamiento biológico para mantener una población microbiana adecuada, y una parte se purga del sistema como lodo en exceso. Algunas de las variantes más establecidas del proceso de Lodos Activados son.

- **Convencional flujo pistón.** El efluente y el lodo de recirculación entran al estanque de aeración por un extremo y son mezclados por el sistema de aeración (mecánico o difusores de aire), de modo constante a lo largo del estanque. Este sistema es sensible a las variaciones del afluente (cargas 160oni).
- **Mezcla completa.** El efluente y el lodo de recirculación se mezclan y se aplican en diversos puntos a lo largo de un canal central en el estanque y se mezcla completamente por medio de difusores de aire o aeradores mecánicos, obteniéndose una demanda de oxígeno uniforme. Este sistema es de aplicación general y resistente a cargas 160oni, pero es susceptible de generar lodo filamentosos, de pobre capacidad de sedimentación.
- **Aeración Extendida (Prolongada).** Similar al proceso Convencional, pero con funcionamiento en la fase endógena de la curva de crecimiento de los microorganismos, por lo que requiere bajas cargas y altos períodos de aeración (grandes volúmenes de estanque). Se utilizan difusores de aire y aeradores mecánicos. En el tratamiento de aguas servidas domésticas, este sistema presenta la ventaja de prescindir de sedimentación primaria y los lodos que se obtienen son altamente mineralizados, vale decir, son poco putrescibles, lo que facilita su manejo posterior.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **Zanja de Oxidación.** Es una de las variantes más comunes de la Aeración Extendida, aunque también puede operar a factores de carga mayores. Consiste en un canal anular cuya velocidad de flujo y aeración la provocan aeradores mecánicos de eje horizontal. En el caso de utilizar aeradores superficiales verticales, el sistema se denomina Sistema Carrousel.
- **Aeración de Alta Carga.** Es una modificación del proceso en la cual altas concentraciones de SSLM son combinadas con altas cargas volumétricas, consiguiendo una alta relación alimento-microorganismos y prolongados tiempos medios de retención celular con tiempos de detención hidráulica relativamente cortos. Se utilizan aeradores mecánicos, y considerando la importancia de una mezcla adecuada, aeradores de turbina sumergida para la transferencia de oxígeno y el control del tamaño del floculo.
- **Reactor Discontinuo Secuencial (Sequencing Batch Reactor, SBR).** Es un sistema de reactor tipo **llenado y vaciado** que envuelve un único reactor de mezcla completa, en el cual se producen todos los pasos de un proceso de lodos activados (llenado, aeración, sedimentación, evacuación). El licor de mezcla se mantiene en el reactor durante todo el ciclo, eliminándose la necesidad de estanques separados de sedimentación secundaria. En su concepción más estandarizada, se requiere de un mínimo de dos estanques para asegurar el ingreso continuo del afluente al sistema, ya que alternativamente, mientras uno de ellos recibe el afluente y se produce aeración, el otro se encuentra en fase de sedimentación o evacuación (que se realiza sin entrada de agua). Este proceso se adapta bien a altas variaciones de caudal o carga orgánica, a través de la regulación de la duración de los ciclos y puede operar en fase de aeración extendida.
- **Lagunas Aeradas a Mezcla Completa.** Este proceso utiliza estanques con un alto período de retención (2 a 5 días), y es asimilable a un lodo activado sin recirculación, en que la Edad del Lodo es igual al tiempo de Retención Hidráulico. Los sólidos efluentes son separados en una laguna posterior, en que los sólidos se depositan y digieren anaeróticamente, lo que permite una purga discontinua de un lodo estabilizado, apto para su deshidratación. En este sistema, se requiere de energía no sólo para degradar la materia orgánica, sino también para proveer la mezcla completa del líquido en la laguna.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Los parámetros de diseño y control operacional de un sistema de lodos activados son la **Edad del Lodo (θ_c)** que indica el tiempo que el lodo debe permanecer en el sistema y la relación Alimento/Microorganismos, conocida como **F/M** por sus siglas en inglés. La aplicación de otros parámetros de diseño como el Tiempo de Retención hidráulico, **no** tienen sentido teórico, y los valores que se encuentran en la bibliografía son cuando mucho apropiados para aguas servidas domésticas.

Para Aeración Extendida y Aguas Servidas Domésticas, la “Edad del Lodo” o “Tiempo de Retención Celular” oscila entre 20 y 30 [días], en tanto que para Lodos Activados Convencionales, a Media Carga y Mezcla Completa varía entre 5 y 15 [días]. Se acepta que un proceso con una Edad del Lodo mayor a 20 – 25 [días] producirá un lodo mineralizado que no necesitará digestión posterior, aunque debe considerarse su dependencia de la temperatura.

Las principales **ventajas** de sistemas de tratamiento por Lodos Activados en sus distintas versiones son:

- Flexibilidad de operación a través de un control racional de la biomasa presente en el proceso.
- Eficiencia de remoción de carga orgánica sustancialmente más alta que la que se alcanza en otros procesos como los del tipo Convencional por Cultivo Fijo (Filtración Biológica, Biodiscos, etc.), logrando valores superiores a un 90 %.
- Minimización de Olores y Ausencia de insectos.
- Puede incorporar Desnitrificación al proceso.
- Posibilidades de regular energía consumida para variaciones de carga orgánica.
- Configuraciones en base a lodos activados por aeración extendida permiten prescindir de componentes como la sedimentación primaria, y los lodos generados son altamente mineralizados, por lo que no requieren de tratamiento posterior.

Entre las **desventajas** se pueden citar fundamentalmente las siguientes:

- Control permanente, tanto operativo como de análisis de laboratorio.
- Altos costos de operación, asociados fundamentalmente a los requerimientos de oxígeno, los que se proveen en forma mecanizada.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **ALTERNATIVAS DE LODOS ACTIVADOS APLICABLES A
COMUNIDADES RURALES.**

Una vez delimitado el espectro de alternativas de tratamiento biológico por Lodos Activados, se presentan a continuación aquellas que son aplicables al sector Rural, teniendo en consideración el orden de magnitud del universo de población involucrada que se analizó detalladamente en el capítulo 3 del presente Informe.

• **LODOS ACTIVADOS POR AERACIÓN EXTENDIDA.**

Los sistemas de tratamiento en base a Aeración Extendida se constituyen en una de las versiones más comúnmente aplicadas en el país, y competitivos técnico – económicamente frente a otras configuraciones de lodos activados para los órdenes de magnitud de población de los sistemas Rurales.

Los Sistemas de Tratamiento por Lodos Activados en la versión por Aeración Extendida, presentan la ventaja de prescindir de sedimentación primaria y generar lodos mineralizados, permitiendo en consecuencia su disposición sin necesidad de tratamiento posterior. Adicionalmente, el hecho de prescindir de la componente unitaria de sedimentación primaria, trae como ventaja el obviar la consecuente necesidad de efectuar tratamiento continuo a los lodos crudos que se generen.

Por otro lado, un sistema en base a Aeración Extendida permite que parte del estanque opere en condiciones anóxicas (ausencia de oxígeno libre y disponibilidad de oxígeno a partir de nitratos) con lo que se logra la remoción de nitrógeno a través del proceso de desnitrificación.

Existen numerosas variantes del proceso por Aeración Extendida, entre las que destacan por su competitividad técnico – económica para los órdenes de magnitud de los sistemas Rurales, las Zanjas de Oxidación, los sistemas por Decantación Alternada y los Sequencing Batch Reactor o SBR, cuyas principales características se describen a continuación.

• **ZANJAS DE OXIDACION.**

Las **Zanjas de Oxidación**, se constituyen en una de las versiones ampliamente aplicadas en el tratamiento de aguas servidas domésticas, por lo que se presenta a continuación una descripción del sistema.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Luego del Tratamiento Preliminar, las aguas servidas ingresan a una Cámara de Premezclado, donde se mezclan con los lodos de recirculación provenientes de la Sedimentación Secundaria, para ingresar conjuntamente al Tanque de Aeración, donde tiene lugar la degradación biológica por parte de la población microbiana mantenida al interior del mismo en una concentración dada. En esta versión, el Tanque de Aeración consiste en un canal anular cuya velocidad de flujo y aeración la provocan aeradores mecánicos de eje horizontal tipo Kessener o TNO, ubicados en forma transversal al canal. También se usan aeradores mecánicos de eje vertical de baja velocidad, aeradores jet superficiales y sumergibles. En el caso de utilizar aeradores superficiales verticales de baja velocidad (normalmente aeradores verticales de cono) en lugar de aeradores de eje horizontal, el sistema se denomina Sistema Carrousel.

El efluente del Tanque de Aeración, es enviado al Sedimentador Secundario, desde donde se recolecta el agua servida clarificada para enviarla a un sistema de Desinfección, donde tiene lugar el abatimiento bacteriológico necesario para alcanzar la calidad requerida por la normativa vigente para ser evacuado al cuerpo receptor.

Por otro lado, parte del lodo decantado en la Sedimentación Secundaria es recirculado al tanque de premezclado, en una cantidad tal que satisfaga la proporción requerida entre los microorganismos y el sustrato interior del tanque de aeración. Los lodos de Exceso para alcanzar son enviados a la componente de Espesamiento, desde donde pasan a la Deshidratación Mecanizada (Filtro Prensa, Centrifugación, etc) o Lechos de Secado según cual de las 2 alternativas sea la más conveniente desde el punto de vista técnico y económico.

El esquema de esta configuración, extensivo al de Aeración Extendida, obedece al siguiente detalle.

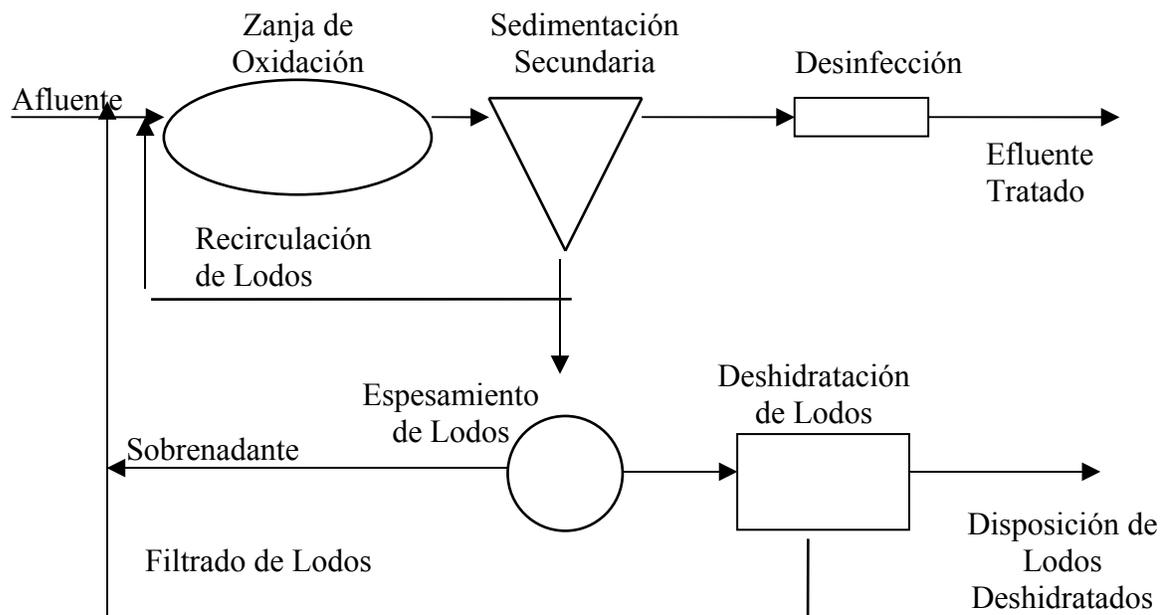


KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

ILUSTRACIÓN N° 6.2

Esquema Sistema Zanjas De Oxidación (Extensivo A Aeración Entendida)



- **AERACION EXTENDIDA CON DECANTACION ALTERNADA.**

A diferencia de la anterior, esta alternativa prescinde de componentes como la recirculación de lodos, manteniendo las componentes propias de los sistemas de lodos activados convencionales como la aeración, sedimentación/clarificación.

El proceso comprende una componente unitaria (estanque, laguna, etc.), dividida simétricamente por medio de una pantalla divisora (baffle), muro u otro, en la cual se instala un número determinado de aeradores (pares).



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

El circuito hidráulico del sistema es tal que permite el ingreso por una u otra de las secciones del estanque, y el principio de funcionamiento del sistema obedece a las siguientes configuraciones operativas.

1. El caudal afluyente es ingresado a una de las secciones de la componente unitaria, sigue su paso por toda ella y evacua a la salida de la otra sección. Durante tal operación, se mantienen en funcionamiento el total de los aeradores con excepción de aquellos ubicados a la salida del sistema (segunda sección), en consideración a que esta zona opera como componente unitaria de sedimentación.
2. Posteriormente, se invierte el circuito hidráulico y el sistema de aeración, de manera que en esta etapa se echan a andar los aeradores detenidos en el circuito anterior, con lo que se resuspende el licor mezclado de la anterior zona de sedimentación y se detienen los que estaban en operación para que sea esa zona la que oficie de componente de sedimentación.

• **SEQUENCING BATCH REACTOR (SBR).**

Esta alternativa de tratamiento se constituye en una variante del proceso de Lodos Activados, y presenta las siguientes características.

Una vez que las aguas servidas pasan por el tratamiento preliminar, ingresan al sistema de tratamiento propiamente tal, el que conceptualmente obedece a uno del tipo lodos activados con operación batch o discontinua, sobre la base de llenado y vaciado de la componente unitaria (tanque). En su calidad de tal, los SBR son capaces de dar cuenta de todo tipo de aguas residuales que son viables de tratar por plantas de lodos activados. La experiencia extranjera indica que las aguas servidas domésticas han sido tratadas exitosamente al aplicar esta modalidad.

Las componentes unitarias de aeración y sedimentación involucradas en los sistemas de lodos activados en base a flujo continuo y SBR son idénticas. Sin embargo, la diferencia sustancial es que mientras en las plantas en base a flujo continuo los procesos unitarios son efectuados simultáneamente en tanques separados e independientes, en el SBR los procesos se llevan a cabo secuencialmente en un mismo tanque.

En su forma más simple, un reactor batch consiste en un simple tanque equipado con un ingreso para el agua servida cruda, un sistema de aeración, un mecanismo de decantación para remover el sobrenadante después de la sedimentación y un mecanismo de control de tiempo y secuencia de los procesos.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

El aspecto clave del sistema SBR lo constituye la unidad de control y los switch automáticos y válvulas que permitan las secuencias y tiempos de las diferentes operaciones. Desde ese punto de vista, la capacidad de controlar el proceso en términos de tiempo más que de espacio es crucial al concepto del SBR.

El uso de procesos batch de llenado – vaciado para el tratamiento de las aguas servidas se constituye en un proceso de tecnología establecida, y el principio de la secuencia de tratamiento de los sistemas SBR obedece a 5 etapas de acuerdo al siguiente detalle.

- LLENADO
- REACCION (Aeración)
- SEDIMENTACION (Sedimentación / Clarificación)
- VACIADO EFLUENTE
- REPOSO

La última etapa es necesaria en una configuración que considera múltiples tanques, donde uno de ellos no está todavía lleno (durante períodos de bajo caudal) y otro completó su ciclo y está a la espera de recibir aguas servidas crudas.

Dado que la aeración y sedimentación ocurren en el mismo tanque, no se pierden lodos durante la fase de REACCION y no debe recircularse ninguna cantidad del sedimentador para mantener un contenido dado de lodos en el tanque de aeración.

El volumen de lodos, y en consecuencia la edad del lodo en un sistema SBR está controlado solamente por la evacuación de lodos.

Las ventajas comparativas de este sistema con respecto a los convencionales de flujo continuo, pueden resumirse del siguiente modo.

- Un tanque SBR sirve como tanque ecualizador durante la etapa de LLENADO, pudiendo en consecuencia tolerar caudales y/o altas cargas orgánicas relativamente más altas de DBO sin degradar la calidad del efluente.
- Dado que la descarga del efluente es periódica, es posible, dentro de ciertos límites, mantener el efluente hasta que alcance los requerimientos de calidad estipulados.
- Durante los inicios del período de previsión, en que los caudales son inferiores a la capacidad de diseño, se pueden instalar sensores de nivel del líquido y fijarlos al nivel bajo, de manera de utilizar solamente una parte de la capacidad del tanque. Desde ese punto de vista, los ciclos de tratamiento pueden mantenerse constantes sin perder potencia innecesariamente por sobreoperación.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Los Sólidos Suspendidos del Licor Mezclado pueden mantenerse en el tanque tanto como sea necesario.
- No se requiere de bombas de retorno de lodos, dado que el Licor Mezclado se encuentra siempre en el reactor.
- La separación sólido – líquido ocurre bajo condiciones cercanas a la quietud. No existen cortocircuitos durante la etapa de SEDIMENTACION. Adicionalmente, reactores de gran tamaño alcanzan tasas superficiales de sedimentación bajas, permitiendo en consecuencia la sedimentación de partículas pequeñas que en sistemas de flujo continuo pueden salir junto con el efluente.
- Crecimientos filamentosos pueden ser controlados variando las estrategias de operación durante el LLENADO.
- Un sistema SBR puede ser operado para alcanzar nitrificación, desnitrificación y remoción de fósforo sin o con baja adición de reactivos químicos.

Entre las desventajas, se puede citar la creciente sofisticación requerida para los tiempos de operación y sensores de niveles en la medida que los sistemas van aumentando en tamaño.

○ **EFICIENCIA DE REMOCION DE SISTEMAS EN BASE A LODOS ACTIVADOS.**

El comportamiento esperado del sistema de tratamiento por Lodos Activados en cualquiera de las versiones detalladas anteriormente, en términos de remoción de los parámetros de interés, obedece al siguiente detalle.

PARAMETRO	% REMOCION	
DBO	90 – 95	
Nitrógeno Total	15 – 30 70 – 95	Tratamiento Secundario Convencional. Incluyendo Desnitrificación.
Fósforo Total	10 – 25 70 – 90	Tratamiento Secundario Convencional. Incluyendo remoción adicional de N y P ó Remoción Química de Fósforo.
Coliformes Fecales	60 – 90	

En términos bacteriológicos, la remoción alcanzada no es suficiente para dar cuenta de lo establecido por la normativa vigente, por lo cual se debe incorporar Desinfección al final del sistema de tratamiento.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

A la luz de la tabla anterior, se puede concluir que las alternativas en base a Lodos Activados pueden dar cuenta de cualquier grado de tratamiento requerido en términos tanto de Materia Orgánica (DBO) como especialmente Nitrógeno Kjeldahl Total.

- **LAGUNAS AERADAS.**

Otra configuración que puede considerarse como alternativa Convencional de tratamiento Biológico en base a Cultivo Suspendido, y que es adecuada para los órdenes de magnitud de las poblaciones Rurales, la constituyen las Lagunas Aeradas, en que se provee oxígeno en forma artificial, y que a diferencia de los Lodos Activados por Aeración Extendida, **presentan mayor simplicidad operativa y permite prescindir del deshidratado continuo de lodos.**

A continuación, se señalan las principales características de los sistemas de tratamiento en base a Lagunas Aeradas, señalando los principales criterios de diseño de cada tipo, de modo de poder visualizar las implicancias asociadas en términos de geometría, áreas y volúmenes requeridos.

- **LAGUNAS AERADAS A MEZCLA COMPLETA.**

En las Lagunas Aeradas a Mezcla Completa, se provee aeración artificial a un nivel tal que satisfaga los requerimientos necesarios de oxígeno, y a una potencia tal que todos los sólidos se mantengan en suspensión. Esto hace que este proceso pueda ser asimilado a un lodo activado sin recirculación.

Los sólidos en suspensión salen con el efluente, por lo que se requieren componentes unitarias complementarias para la Sedimentación de lodos, los que se digirán anaeróticamente en las unidades, permitiendo adicionalmente obtener una baja producción de lodos.

Considerando que las Lagunas Aeradas a Mezcla Completa pueden ser asimiladas a un proceso de lodos activados sin recirculación, se cuenta con Criterios de Diseño claramente definidos, exponiéndose a continuación los más relevantes, de acuerdo a la metodología presentada por Pedro Alem en el Seminario “Tecnologías de Tratamiento de bajo Costo”, Santiago 1993.

- | | |
|------------------------|--------------------------------|
| • Profundidad usual | 2,5 – 5 [m] |
| • Período de Retención | 2 – 5 días |
| • Demanda de Oxígeno | 1,25 [KgO ₂ /KgDBO] |



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Por otro lado, la laguna posterior de Sedimentación tiene por objetivo acumular y digerir anaeróbicamente los sólidos. Se estima una reducción de volumen por digestión anaeróbica de un 50-60 % el primer año y del orden de 40% el segundo año. El lodo debe ser purgado en forma continua o semicontinua para no acumular más que lo que se dispone para tales efectos.

En cuanto a las principales características operativas del sistema, pueden resumirse del siguiente modo.

- La operación y control del sistema es baja, debido a la simplicidad de la configuración. Al no existir recirculación se prescinde del control requerido para mantener una determinada edad del lodo en el reactor (parámetro que controla la eficiencia del sistema para determinadas constantes cinéticas). De hecho, en una laguna aerada, la edad del lodo es equivalente al tiempo de retención hidráulico, por lo que la eficiencia del sistema sólo depende de este último parámetro.
- La Potencia de mezcla (W/m³) necesaria para mantener los sólidos en suspensión en la Laguna Aerada a Mezcla Completa estará dada por la capacidad de los aeradores, los que pueden ser del tipo flotantes, fijos o sumergidos y rápidos o lentos, siendo los más comunes los flotantes de alta o baja rotación.
- El volumen de las Lagunas de Sedimentación permite que la purga de lodos sea efectuada en forma discontinua o periódica, lo que evita los problemas de manejo que se suelen presentar en otros sistemas convencionales.
- Si se desea evitar la proliferación de algas en la unidad de sedimentación, el tiempo de retención de ésta (descontando el volumen ocupado por el lodo), no debe exceder de aproximadamente un día.
- Al estar digerido y tener una adecuada humedad, el lodo purgado de las lagunas de decantación puede ser enviado directamente a un sistema de deshidratación, con lo que se evita las componentes unitarias de espesamiento y digestión.

Las principales **ventajas** de estos sistemas son los siguientes.

- Proceso Simple y confiable.
- Baja producción de Lodos.
- Buen grado de estabilización de Lodos.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Las principales **desventajas** que presentan estos sistemas son los siguientes.

- Altos requerimientos de energía a bajas condiciones de carga.
- Necesidad de proporcionar energía para mezcla, que puede ser mayor a la requerida para remover DBO.
- Necesidad de Desinfección del efluente.

El comportamiento esperado del sistema en términos de remoción de los parámetros de interés, obedece al siguiente detalle.

PARAMETRO	% REMOCION
DBO	50 – 60 80 – 90 incluyendo Laguna Sedimentación.
Nitrógeno	No Nitrifica
Fósforo	No remueve
171oniformes Fecales	90 – 99

En términos bacteriológicos, la remoción alcanzada no es suficiente para dar cuenta de lo establecido por la normativa vigente, por lo cual esta configuración debe incorporar Desinfección al final del sistema de tratamiento.

▪ **LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.**

El sistema en base a Lagunas Aeradas Multicelulares está configurado en base a 2 etapas secuenciales, la primera de las cuales está destinada a remover la materia orgánica biodegradable de las aguas servidas (en una primera laguna) y la segunda para la sedimentación, estabilización y almacenamiento de los sólidos sedimentados (en dos o más lagunas en serie).

En la primera etapa, se requiere mantener todo los Sólidos en suspensión, por lo que se exige una potencia de mezcla (W/m^3) que asegure la mezcla completa, en tanto que en la segunda etapa se debe alcanzar suspensión parcial de los sólidos a una potencia de aeración adecuada.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Considerando que las Lagunas Aeradas Multicelulares también pueden ser asimiladas a un proceso de lodos activados sin recirculación, se cuenta con Criterios de Diseño claramente definidos, siendo los más relevantes los siguientes.

- Laguna Aerada a Mezcla Completa.
 - Tiempo Retención 2 a 3 días
 - Demanda de Oxígeno 1,25 [KgO₂/KgDBO]
 - Capacidad Mezcla 5 – 6 W/m³.

- Lagunas Parcialmente Aeradas
 - Tiempo Retención 0,7 – 1,0 día
 - Capacidad de Mezcla 1 – 2 W/m³

Considerando el hecho de que un sistema de lagunas provee capacidad de sedimentación al paso de las aguas previo a su descarga, se puede asumir que las algas se constituyen en una componente importante de los sólidos suspendidos del efluente final. Lo anterior se ve refrendado por numerosas investigaciones efectuadas por Rich et al en sistemas de Lagunas Aeradas Multicelulares.

Dichos estudios permitieron encontrar una correlación entre los sólidos suspendidos totales y la “clorofila a” en los efluentes de las lagunas Aeradas, y obedece al siguiente detalle.

$$SST = 21,3 + 142 Cl.a$$

donde

SST = Sólidos Suspendidos, [mg/l]

Cl.a = Clorofila a, [mg/l].

La ecuación anterior sugiere que si las algas no estuvieran presentes, los Sólidos Suspendidos Totales no debieran exceder en promedio 22 mg/l.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Adicionalmente, Rich correlacionó los valores de la DBO del efluente con los Sólidos Suspendidos Totales, de acuerdo al siguiente detalle.

$$DBO = 13 + 0,4 SST$$

donde

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno [mg/l]

SST = Sólidos Suspendidos, [mg/l]

La ecuación anterior sugiere que la DBO soluble (o no particulada) del efluente no debiera exceder en promedio 13 mg/l.

El comportamiento esperado del sistema en términos de remoción de los parámetros de interés, obedece al siguiente detalle.

PARAMETRO	% REMOCION
DBO	50 – 60 80 – 90 incluyendo Lagunas Parcialmente Aeradas.
Nitrógeno	No Nitrifica
Fósforo	No remueve
173oniformes Fecales	90 – 99

▪ **LAGUNAS AERADAS FACULTATIVAS.**

Este tipo de lagunas prescinde de la mezcla completa de las configuraciones anteriores y se diseña para tiempos de retención mayores, con lo que el espacio requerido aumenta considerablemente, produciéndose adicionalmente tanto acumulación de sólidos como generación de algas en las lagunas. A diferencia de las Lagunas a Mezcla Completa o Multicelulares, el diseño de estas unidades no está sujeto a criterios definidos en cuanto a los requerimientos de oxígeno, recomendándose en general una densidad de mezcla baja.

En este tipo de lagunas se instalan aeradores de modo que la potencia sea suficiente para transferir el oxígeno necesario para el abatimiento de la materia orgánica, pero no para que los sólidos se mantengan en suspensión. Ello trae como consecuencia la generación de algas y la decantación de parte de los sólidos en la laguna, los que se digieren anaeróbicamente.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Las principales características de esta alternativa pueden resumirse del siguiente modo.

- Tiempo de retención 5 – 12 días
- Potencia específica necesaria 1 – 2 [W/m³]

En términos de remoción de nutrientes, los sistemas en base a Lagunas Aeradas Facultativas tienen capacidad de nitrificación parcial (dependiente del período de retención de las lagunas), y mínima en términos de remoción de Fósforo Total.

A la luz de lo anterior, el comportamiento esperado del sistema en términos de remoción de los parámetros de interés, obedece al siguiente detalle.

PARAMETRO	% REMOCION
DBO	70 – 80
Nitrógeno	Nitrificación parcial
Fósforo	Mínima
174oniformes Fecales	60 – 90

- **ANALISIS CRITICO DEL GRADO DE REMOCION DE LAS LAGUNAS AERADAS Y EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE EMISION VIGENTE.**

Analizando lo detallado anteriormente, se puede apreciar que el grado de remoción de DBO de las Lagunas Aeradas Facultativas es menor al que alcanzan las Lagunas Aeradas a Mezcla Completa y Lagunas Aeradas Multicelulares, lo que sumado a las características de su propia configuración no permiten asegurar que alcancen la calidad establecida al efluente a todo evento.

En cuanto al resto de las Lagunas Aeradas (Mezcla Completa y Multicelulares), cualquiera de las configuraciones entregará una calidad de efluente en el rango de 30 a 40 mg/l, pudiendo algunas muestras llegar a valores más elevados cuando ocurran eventos como ascenso de sólidos de la zona de lodo de las lagunas de sedimentación donde tiene lugar la estabilización anaeróbica, por lo que el alcanzar un efluente final inferior a 35 mg/l de DBO a todo evento (para el escenario de descarga a un cuerpo de agua sin capacidad de dilución) lleva asociado un riguroso y continuo grado de control del sistema en término de todos los parámetros operacionales, así como la adopción preventiva de medidas ante síntomas que el comportamiento del sistema muestre.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En efecto, en términos generales se puede establecer que en un sistema de Lagunas Aeradas a Mezcla Completa seguidas de Lagunas de Sedimentación, la DBO soluble del efluente de la Laguna Aerada se encuentra normalmente en el orden de los 10 mg/l. Al inicio de la operación del sistema se observa un ligero incremento en la DBO soluble del efluente, pero en el mediano plazo el aumento de la DBO soluble en la Laguna de Decantación mostrará un claro aumento, pudiendo alcanzarse concentraciones en el orden de 20 a 30 mg/l, con el consecuente aumento de la DBO final del efluente final. Si a ello se suma la DBO proveniente de los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) que salen con el efluente, ello puede resultar en una DBO final media en el orden de 30 a 40 mg/l y en algunas muestras con valores superiores. Adicionalmente, y en la medida que pasa el tiempo, la Laguna de Sedimentación tiene mayor actividad de digestión de lodos, lo que genera una mayor probabilidad de ascenso del lodo a la superficie de la laguna de Laguna de Sedimentación. Desde ese punto de vista, se conseguirá siempre un efluente de mejor calidad si se efectúan limpiezas más frecuentes de esta componente unitaria.

En cuanto a los sistemas de Lagunas Aeradas Multicelulares, aparentemente podrían mantener la DBO soluble del efluente en valores más bajos, pues siempre habrá alguna biomasa en suspensión en condiciones aeróbicas en las Lagunas parcialmente Aeradas con baja densidad de potencia. Sin embargo, no es dable pensar que la concentración de SSV en esas lagunas sea muy baja, pues siempre habrá cierta dificultad de sedimentación de los SSV provenientes de las lagunas anteriores, levantamiento de lodos por la agitación (aunque sea baja) y también presencia de algunos sólidos resultantes de la subida de gases producidos en las zonas de digestión anaeróbica.

En consecuencia, se puede visualizar que el efluente de cualquiera de las dos alternativas de sistemas de lagunas aeradas (Mezcla Completa y Lagunas Multicelulares) siempre presenta potencial riesgo de eventos en que algunas muestras del efluente contengan una concentración de SSV más alta que los valores medios esperados, con el consecuente incremento de la DBO a valores más altos que los 30 – 40 mg/l de DBO esperados.

Por otro lado, mientras mayor sea la concentración de DBO, mayor será la cantidad de Sólidos Suspendidos Volátiles generados, con lo que aumentará la probabilidad de arrastre de lodos y el consecuente aumento de la probabilidad de no cumplir con la calidad del efluente.

En consecuencia, y a objeto de poder considerar a las Lagunas Aeradas como alternativa viable para dar cuenta de la normativa vigente, se recomienda considerar un límite referencial en términos de concentración de DBO afluente, constituido en este caso por el que presentan las aguas servidas netamente domésticas, cuyo rango en el país varía entre 100 y 250 mg/l.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Así entonces, para efectos del presente estudio se adoptará para estos sistemas una concentración máxima de 250 mg/l, lo que asociado a la calidad establecida del efluente implica una eficiencia de remoción del orden del 85 %

En relación a la remoción de Nitrógeno y Fósforo, ninguna de las alternativas de lagunas aeradas remueve más de un 10% ya que básicamente todo el lodo volátil biodegradable será destruido en el sistema, liberando el Nitrógeno y Fósforo removidos en el agua servida en el proceso de síntesis.

Considerando lo anteriormente establecido, el análisis comparativo del grado de remoción alcanzado por las diferentes alternativas en término de los parámetros de interés mostrado anteriormente, puede resumirse del siguiente modo.

PARAMETRO	GRADO REMOCION [%]			
	L Activado	LAMComp	LAMultic	LAF
DBO	90 – 95	80 – 85	80 – 85	70 – 80
Sólidos Suspendidos Totales	90 – 95	80 – 90	80 – 90	80 – 90
Nitrógeno Kjeldahl Total	Nitrif Completa	No nitrifica	No nitrifica	Nitrif. Parcial
Fósforo Total	10 – 25	No remueve	No remueve	Mínima

▪ **ADOPCIÓN DE LA CONFIGURACION DE LAGUNAS AERADAS A ADOPTAR.**

A la luz de lo detallado en el punto anterior, se puede concluir que las Lagunas Aeradas Facultativas no presentan ventajas comparativas con respecto a las otras dos, requieren de mayor área, y fundamentalmente no permiten asegurar la calidad del efluente para cumplimiento del DS 90/00 a todo evento. En virtud a lo anterior, se descartará esta alternativa como configuración viable para dar cuenta de la normativa vigente.

En relación a las otras 2 configuraciones (Laguna Aerada a Mezcla Completa y Laguna Aerada Multicelular), presentan en general las siguientes características específicas.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En términos de configuración de componentes unitarias comprometidas, las Lagunas Aeradas Multicelulares se diferencian de las Lagunas Aeradas a Mezcla Completa seguidas de Lagunas de Sedimentación en que mientras estas últimas consideran en general 2 lagunas (una a mezcla completa y otra de sedimentación con o sin aeración parcial) construidas en serie, con un período de retención total de 4 – 6 días a caudal de diseño (3 – 5 días en la Laguna Aerada y 1 día en la Laguna de Sedimentación), las Lagunas Aeradas Multicelulares propiamente tales consisten en 3 – 4 lagunas aeradas (una a mezcla completa y dos o tres con aeración parcial) construidas en serie, con un período de retención total de 4,0 – 5,0 días a caudal de diseño (2 días en la Laguna Aerada y 2 ó 3 días en la Laguna de Sedimentación).

En ambos casos, la primera laguna es aerada a un nivel tal que mantendrá toda la biomasa en suspensión (mezcla completa), mientras que las celdas subsecuentes serán aeradas a niveles lo suficientemente bajos para permitir sedimentar los sólidos sedimentables provenientes de la primera celda.

Como se puede apreciar, las componentes unitarias de ambas configuraciones son similares. Por otro lado, la cinética de las Lagunas Aeradas Multicelulares (Rich) predice una calidad del efluente que permitiría dar cuenta del DS 90/00 en términos de Materia Orgánica, por lo cual se tomará dicha configuración como base para definir la configuración a adoptar para este tipo de sistemas.

En virtud a lo anterior, y luego de tanteos sucesivos con los períodos de retención de las Lagunas y la cinética asociada, se puede concluir que para alcanzar el requerimiento de DBO efluente (35 mg/l) es suficiente adoptar un Tiempo de Retención de 3 [días] en la Laguna Aerada seguido de 2 (dos) Lagunas de Sedimentación en serie con un Tiempo de Retención de 1 [día] cada una.

Considerando el requerimiento de infraestructura (y los consecuentes costos de operación asociados) de esta configuración, se aprecia la conveniencia de adoptarla como solución como base para el diseño de los sistemas de tratamiento

En consecuencia, se recomienda utilizar como base del diseño una configuración que contemple una Laguna Aerada a Mezcla Completa con un Tiempo de Retención no inferior a 3 [días], seguida de dos Lagunas de Sedimentación parcialmente aeradas en serie, cada una con un Tiempo de Retención entre 1 y 2 días (descontando el volumen ocupado por el lodo en las Lagunas de Sedimentación).



Considerando la variación de la calidad del efluente en función del Tiempo de Retención de la Laguna de Sedimentación, y que ya el Modelo adoptado predice valores del efluente más altos que los que se obtienen utilizando las ecuaciones y constantes cinéticas de Rich (del orden de 10 mg/l), se adoptará como criterio de diseño un **Tiempo de Retención mínimo de la Laguna de Sedimentación de 1 día.**

En cuanto a la Transferencia de Oxígeno, Aeración y Mezcla requeridos, para fines de diseño, los aeradores mecánicos son tasados en términos de Eficiencia de Transferencia de Oxígeno (N), expresada como Kg O₂/KWH en condiciones Standard entregado por los proveedores, y que debe ser corregido para las condiciones de campo específicas de cada localidad.

En términos de los requerimientos de oxígeno, se recomienda utilizar el valor recomendado por Alem, vale decir, 1,25 [KgO₂/KgDBO].

En cuanto a los Aeradores, se recomienda adoptar aeradores superficiales de alta rotación con una transferencia de oxígeno en condiciones estándar de 1,5 [KgO₂/KWH].

Para las Lagunas de Sedimentación parcialmente aeradas, se utilizarán también aeradores superficiales de alta rotación.

Adicionalmente, se considera una densidad de potencia mínima para mezcla completa de 5,5 [W/m³] y de 1,5 – 2 [W/m³] para las Lagunas de Sedimentación.

Finalmente, cabe destacar que para el escenario de descarga a cuerpos de agua con dilución, pueden considerarse otras alternativas de tratamiento como Tratamiento Biológico por Cultivo Fijo, pero cuyos costos de inversión y operación no serán inferiores a las de Lagunas Aeradas Multicelulares.

- **TIPO DE TRATAMIENTO A ADOPTAR.**

Las configuraciones de tratamiento en base a Lodos Activados señaladas y la definición de las alternativas de tratamiento a adoptar en función de los escenarios de descarga (y la correspondiente normativa asociada en términos de calidad del efluente), pueden resumirse del siguiente modo.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Cuando la descarga se efectúa a un **Cuerpo de Agua Sin Capacidad de Dilución y no hay exigencia de remoción de Nutrientes**, los sistemas de tratamiento que pueden cumplir con la calidad del efluente presentan las siguientes características.
 - **Lagunas Aeradas Multicelulares.** Cumplen con los parámetros establecidos por la normativa con una concentración afluente referencial propia de aguas servidas domésticas (máximo 250 mg/l), equivalente a un porcentaje de remoción de DBO requerido menor o igual al 85 %
 - **Lodos Activados por Aeración Extendida.** Cumplen con los parámetros establecidos por la normativa en forma independiente de la calidad de afluente.
- Cuando la descarga se efectúa a un **Cuerpo de Agua Sin Capacidad de Dilución y hay exigencia de remoción de Nutrientes**, los sistemas de tratamiento que pueden cumplir con la calidad del efluente presentan las siguientes características.
 - El sistema de tratamiento en base a Lodos Activados por Aeración Extendida cumple con los parámetros críticos establecidos por la normativa en forma independiente de la calidad de afluente y sin necesidad de incorporar componentes adicionales o variables que tornen la solución inviable técnica o ambientalmente.
 - Aún cuando el diseño del tratamiento en base a Lagunas Aeradas Multicelulares definido anteriormente se realice desde el lado de la seguridad, el sistema tiene capacidad reducida de remoción de nutrientes, por lo que el cumplimiento o no de lo prescrito por la normativa dependerá de la concentración de estos parámetros en el afluente. Si se debe reducir NKT, ello lleva asociada la necesidad de complementar el tratamiento, normalmente por Stripping del Amoníaco o por medio de Cloración. La primera alternativa es descartada por los costos asociados y la necesidad de vigilancia operacional permanente, en tanto que la adición de Cloro exige cantidades que tornar la solución técnica, ambiental y económicamente inviable.

A la luz de lo señalado anteriormente, se puede concluir que para el rango de población del sector Rural, aquellas localidades que descargan a un cuerpo de agua Sin Capacidad de Dilución y tienen exigencia de remoción de nutrientes, la alternativa de Lodos Activados por Aeración Extendida se constituye en la solución técnica y económicamente más eficiente.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En resumen, solamente los sistemas por Lodo Activado son capaces de entregar en promedio la calidad del efluente en términos de DBO₅, SST, NKT y PT, incluso cuando la calidad del afluente se encuentra en el límite superior del grado de remoción. No obstante, cuando el grado de remoción en términos de NKT es menor al 5% las Lagunas Aeradas podrían dar cuenta del DS 90/00 mediante aumento en la dosificación de cloro en la Cámara de Contacto, la que será inferior a la requerida para formar compuestos organoclorados.

Si no se requiere remoción de Nutrientes, los parámetros de interés se reducen fundamentalmente a la DBO y Sólidos Suspendidos, pudiendo optarse también por una solución en base a Lagunas Aeradas cuando la concentración afluente es propia de aguas servidas domésticas (máximo 250 mg/l), equivalente a un porcentaje de remoción de DBO requerido menor o igual al 85%.

Lo anterior puede sistematizarse de acuerdo al siguiente detalle.

▪ DBO

- Grado de remoción > 85% Lodo Activado.
- Grado de remoción < 85% Laguna Aerada.

▪ NKT

- Remoción < ó = 10% Laguna Aerada.
- Si la diferencia de concentración entre afluente y la norma es menor a 2,5 mg NKT/L Laguna Aerada con adición de Cloro
- Remoción > 10% Lodo Activado.

▪ PT

- Laguna Aerada Remoción 0,075 grP/grDBO
- Lodo Activado Remoción 0,01 grP/grDBO

A la luz de lo anterior, la principal conclusión a que se puede arribar es que al igual que en el caso del Saneamiento Descentralizado, no es posible definir la tecnología de tratamiento a implementar solamente en función de la población, toda vez que también dependerá de otros factores como la calidad requerida por la normativa de emisión en función del escenario de descarga, etc.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **CULTIVO FIJO (LECHOS BACTERIANOS).**

Los Lechos Bacterianos son reactores de Cultivo Fijo, donde los microorganismos se desarrollan adheridos a un lecho o medio de soporte (el cual puede ser fijo o móvil) en forma de superficies de cultivo, asemejando una carpeta biológica (mucílago o capa mucilaginosa). El material del medio de soporte puede ser roca, madera o plástico, teniéndose entre 45 y 200 m² de superficie específica por cada metro cúbico para el desarrollo de la carpeta biológica.

El sustrato es aplicado en forma intermitente y alternado con períodos de aeración en los cuales se produce la fase de respiración de los microorganismos.

Una de las versiones más difundidas de lecho fijo la constituyen los Biofiltros o Filtros Percoladores, mientras que entre las de lecho móvil destacan los Biodiscos o Contactores Biológicos Rotatorios (CBR).

● **FILTROS BIOLOGICOS (BIOFILTROS).**

Los Biofiltros son estanques generalmente circulares rellenos con medio de soporte de roca o plástico, a través del cual fluye verticalmente el afluente, el que es recogido junto a la Biomasa en exceso que se desprende del medio (a través de un fondo falso) para pasar a la sedimentación secundaria. El criterio de diseño de estas unidades es la carga orgánica (KgDBO) aplicada diariamente por metro cúbico de medio de soporte y la carga hidráulica aplicada (m³/día) por metro cuadrado de superficie horizontal del Biofiltro.

Las principales **ventajas** de los Biofiltros son.

- Estabilidad ante variaciones de la carga y concentración afluente.
- Bajos costos de operación y mantenimiento comparados con otros procesos del tipo Convencional.
- Producción de un lodo estable concentrado, en general bien floculado y fácil de decantar.
- De fácil puesta en marcha luego de una detención.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Las principales **desventajas** son.

- Baja posibilidad de incluir remoción de nutrientes en el proceso.
- Necesidad de Sedimentación Primaria para disminuir los sólidos suspendidos afluentes a la componente biológica.
- Riesgo de desarrollo de moscas psychoda, especialmente en climas cálidos o templados durante las estaciones de alta temperatura.
- Requieren de un eje hidráulico de 3 o más metros de desnivel.
- En las versiones de Alta Tasa, requieren de un gasto de recirculación que hay que bombear.

- **CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATORIOS (BIODISCOS).**

En un sistema de este tipo, el agua pasa horizontalmente a través de un tanque, en el cual giran unos ejes con discos de gran diámetro, suficientemente separados, a muy baja velocidad para permitir el crecimiento de biomasa sobre su superficie.

La biomasa en exceso se desprende de los discos y se retienen en los sedimentadores secundarios, desde donde se bombea hasta el sistema de tratamiento de lodos.

Aproximadamente el 40% de la superficie de los discos está en contacto con el agua en todo momento. Cuando los discos giran, la materia orgánica es absorbida en la película biológica que crece sobre los discos, poniéndose alternativamente en contacto con el aire al salir del agua. De esta forma se produce la transferencia de oxígeno a las colonias de bacterias, protozoos, rotíferos y demás microorganismos que producen la oxidación de la materia orgánica.

Los discos no sólo sirven para aerar la película biológica, sino que también son responsables de la aeración del licor-mezcla presente en el tanque y, por último, por esfuerzos tangenciales, producen el desprendimiento del exceso de biomasa.

El Criterio de Diseño de estas unidades son la Carga Orgánica (Kg DBO) y la Carga Hidráulica aplicada diariamente por metro cuadrado de superficie efectiva de medio de soporte.

En general, se utilizan o han sido usados con éxito para pequeñas poblaciones. Su gran ventaja reside en el bajo requerimiento de energía para accionarlos, ya que sólo hay que hacer girar los discos.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Las principales **ventajas** de los Contactores Biológicos son.

- Bajos requerimientos de energía.
- No requieren de bombeo, recirculación ni elevación.
- Tienen mejor eficiencia que los biofiltros debido a la activación del lodo que se desprende de los discos.

Sus principales **desventajas** son.

- No son apropiados para poblaciones equivalentes grandes debido al tamaño máximo de los módulos, no permitiendo en consecuencia economías de escala y tornando complicada la operación y mantenimiento de las mismas.
- Tendencia a generar olores, especialmente en determinadas épocas del año en climas relativamente extremos.
- Determinados tipos de aguas servidas deben estar sujetos a pretratamiento obligado, especialmente cuando contienen una cantidad apreciable de grasas y aceites.
- Se pueden desequilibrar cuando los esfuerzos al eje no están simétricamente distribuidos a lo largo de la componente.
- Tienen un alto costo de Mantenimiento, debido principalmente a fallas en los motorreductores y los ejes.

6.3.2.2.3 TRATAMIENTO FISICOQUIMICO.

A diferencia de las alternativas Biológicas (por cultivo fijo o suspendido) detalladas anteriormente, el tratamiento Físicoquímico no involucra el mejoramiento de la calidad de las aguas servidas por medio de un proceso biológico, sino fundamentalmente por reacción física y química sobre la base de adición de reactivos específicos.

El dimensionamiento de este sistema responde fundamentalmente al comportamiento de los aguas servidas frente a ciertas componentes unitarias de tratamiento de tipo físico (sedimentación, flotación, filtración, etc.) y a reacciones estequiométricas ante la adición de ciertos reactivos dados (coagulantes, polielectrolitos, polímeros etc.).

La adición de coagulantes permite la aglomeración de las partículas presentes en las aguas servidas, formándose partículas de mayor tamaño, llamadas flóculos, que son más fáciles de remover que las partículas de las aguas servidas crudas. La mayor o menor formación de flóculos, así como su tamaño y peso, dependerá del tipo y cantidad de floculante empleado.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Las componentes unitarias involucradas dependerán del tipo de aguas servidas a tratar, contemplando en general algunas de las consignadas en el numeral de componentes unitarias comunes a toda alternativa (Tratamiento Preliminar, Deshidratado, etc.) y algunas de las siguientes.

- Regulación - Ecuación.
- Coagulación - Floculación.
- Sedimentación o Flotación.
- Acidulación.
- Filtración.

A continuación se presenta una descripción somera de las principales componentes unitarias y la metodología aplicada para la determinación de los criterios de diseño a aplicar.

- **REGULACION-ECUALIZACION**

En sistemas que tiene alta fluctuación de caudales de aguas servidas (uso intensivo de duchas, casinos, etc.). el cálculo del volumen de regulación necesario para proporcionar un caudal constante se calcula fijando el caudal de salida del estanque como el caudal promedio del ciclo operativo, en atención a que la repetición del ciclo obliga a que el volumen acumulado al final del ciclo sea igual al volumen al inicio de éste (lo que se logra adoptando un caudal de salida constante e igual al promedio del ciclo).

A partir de ello se calcula iterativamente el volumen acumulado en el estanque en cada lapso de tiempo, conocidos previamente el caudal acumulado en el lapso de tiempo anterior y el caudal de entrada al estanque en dicho lapso. El volumen de regulación mínimo será equivalente al máximo volumen acumulado en algún lapso dentro del ciclo, tal que en el lapso más desfavorable el estanque esté vacío.

- **COAGULACION-FLOCULACION.**

Los criterios de diseño de esta componente unitaria se deben obtener a partir de pruebas de jarras (jar-test) efectuadas a las aguas servidas. Una prueba de jarras consiste en simular a escala de laboratorio, la respuesta de las aguas servidas a determinados agentes coagulantes. El número de pruebas a hacer, dependerá de las características de las aguas servidas.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

A continuación se presenta las condiciones típicas en que se efectúan las pruebas de jarras.

CONDICIONES TÍPICAS DE OPERACION DE LAS PRUEBAS DE JARRAS

PROCESO	GRADIENTE DE VELOCIDAD (rpm)	TIEMPO (min)
Mezcla rápida	100	1
Mezcla lenta	40	10
Decantación final	0	15

Un jar-test típico consta de seis jarras, a cada una de las cuales se le adiciona una distinta cantidad de agente coagulante con o sin ajuste de pH.

Para ajustar el pH se usa ácido sulfúrico y soda o cal, mientras que para la coagulación, los productos más usados son el cloruro férrico y el sulfato de aluminio. En algunos casos, en particular con los desechos de origen orgánico, el lodo generado puede ser reutilizado como alimento animal, aunque ello depende de los productos químicos usados. En particular, la cal y el sulfato de aluminio pueden no ser aptos para este fin a determinadas concentraciones. Por otro lado, el uso de cal ayuda a una mejor deshidratación de los lodos en sistemas de filtro prensa o de banda.

- **SEDIMENTACION**

Una vez efectuada la prueba y sedimentado el lodo, al sobrenadante de cada jarra se la efectúan los análisis de los parámetros de interés según el caso (DBO, DQO, S.S., Color, Turbiedad, etc.), debiéndose además registrar el pH residual y el volumen decantado de lodos.

El volumen de lodos decantado constituye un índice de la producción de lodos que se tendrá en una planta de este tipo, el cual puede variar grandemente según el tipo de residuo. De hecho, si el volumen es muy grande, ello se traducirá en una necesidad de tratar un volumen de lodos inmanejable, lo que puede desvirtuar el tratamiento fisicoquímico, aún cuando las eficiencias de remoción sean satisfactorias.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **FLOTACION**

La flotación se emplea en sustitución de la sedimentación, cuando las aguas servidas contienen una alta concentración de aceites y grasas, el floc es liviano y de difícil sedimentabilidad o el volumen de lodos decantado es muy alto. La flotación se produce mediante la introducción de aire en forma de microburbujas. Las partículas se fijan a las microburbujas, produciéndose su remoción al ascender a la superficie.

La introducción de aire de la forma antes citada suele conseguirse generalmente mediante el sistema de flotación por aire disuelto (DAF) y últimamente por Flotación por aire inducido (IAF) o cavitación (CAF). Para casos específicos, suele además emplearse electroflotación u otros sistemas.

En el sistema DAF, parte del agua efluente del proceso, en conjunto con una determinada cantidad de aire, se somete a presión a varias atmósferas produciéndose la disolución del aire en el agua. Luego, se procede a liberar el agua saturada a presión atmosférica, formándose las microburbujas que al ascender provocan la remoción de aceites y grasas.

El sistema de flotación por cavitación (CAF), está constituido por un estanque de flotación provisto de una turbina, la que al girar a alta velocidad, aspira aire por el eje hueco central, liberándolo en forma de microburbujas a través de sus aspas. Ello permite la adsorción del aire con los aceites y grasas, logrando su posterior flotación debido a la diferencia de densidades.

El sistema de flotación por aire inducido (IAF), es parecido al CAF pero el aire se aspira por toberas tipo venturi conectadas a bombas de proceso que toman parte del efluente del sistema para devolverlo con microburbujas que producen el efecto de flotación ya mencionado.

En determinados casos, La flotación suele además usarse sin coagulación-floculación (aeración mecánica por burbuja gruesa) o como etapa posterior a la acidulación.

En general, se espera que el lodo flotado por alguno de los métodos anteriores presente una humedad del orden de un 95%, utilizando coagulantes.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

El criterio de diseño de un estanque de flotación es la Tasa Superficial, definida como el Caudal afluente dividido por el área horizontal del estanque disponibles para flotación. El valor normal oscila entre 3 y 7 [m³/m²/día]. Otros parámetros de diseño, como la cantidad de aire y la potencia de las unidades (p.e. bombas de proceso) necesarias para introducir las microburbujas de aire, constituyen en general parte del Know-How propio de los proveedores de sistemas de flotación.

- **FILTRACION.**

Esta componente es menos utilizada, a menos que se desee pulir el efluente en términos de determinados parámetros (sólidos del tipo coloidal o disuelto, etc.), o para efectos específicos como remoción de color, olor, etc.

Otros tipos de tratamiento como Primario solo o Químicamente Asistido (CEPT) aún pudiendo tener costos de Inversión y/u Operación más bajos, llevan asociados potenciales riesgos ambientales y de salud que no tornan viable su adopción como planta adecuada, por lo cual no se recomienda considerarlas como alternativas viables.

6.3.2.3 ADOPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN EL SECTOR RURAL

A la luz de lo descrito en los numerales anteriores, se puede concluir que los sistemas Centralizados de tratamiento de aguas servidas del sector Rural, que pueden dar cuenta de la normativa vigente, presentan las siguientes características.

- Las alternativas de tratamiento de aguas servidas del tipo Biológico Convencional en las versiones de Lodos Activados por Aeración Extendida son las que mejor se adecuan, puesto que son las que cuentan con mayores variables operativas de control y pueden alcanzar el grado de tratamiento más restrictivo exigido por la normativa vigente.
- Las alternativas de tratamiento en base a Lagunas Aeradas, deben corresponder a la configuración definida anteriormente (Laguna Aerada a Mezcla Completa con un Tiempo de Retención no inferior a 3 [días], seguida de dos Lagunas de Sedimentación parcialmente aeradas en serie, cada una con un Tiempo de Retención entre 1 y 2 días descontando el volumen ocupado por el lodo en las Lagunas de Sedimentación). Dicha configuración tiene mayor simplicidad operativa que la alternativa en base a Lodos Activados por Aeración Extendida y permite la deshidratación discontinua de lodos (p.e. una vez al año durante la época de verano), pero exige de un estricto seguimiento operacional si debe dar cuenta de la calidad más restrictiva exigida por la normativa vigente.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Las alternativas de Cultivo Fijo (Biofiltros y Biodiscos) tienen menor costo de operación que las de Cultivo Suspendido, pero no alcanzan el grado de remoción de estas últimas, lo que implica que si se debe dar cuenta de la calidad más restrictiva exigida por la normativa vigente, no pueden asegurar su cumplimiento a todo evento. Adicionalmente, al considerar los Biodiscos, determinados tipos de aguas servidas deben estar sujetos a pretratamiento obligado (especialmente cuando contienen una cantidad apreciable de grasas y aceites), puesto que de no hacerlo los biodiscos se pueden desequilibrar cuando los esfuerzos al eje no están simétricamente distribuidos a lo largo de la componente. Adicionalmente, presentan un alto costo de Mantenimiento, debido principalmente a fallas en los motorreductores y los ejes. De hecho la experiencia a escala nacional en localidades con esta tecnología no muestran operación adecuada, estando la mayoría de ellos fuera de servicio.
- Las alternativas en base a Tratamiento Fisicoquímico no alcanzan el grado de remoción de las demás alternativas, implican una operación intensa (manipulación y dosificación constante de reactivos), generan lodos menos aptos para disposición que las demás alternativas y llevan asociados potenciales riesgos ambientales y de salud que no tornan viable su adopción como planta adecuada.

Considerando lo anterior, las alternativas de tratamiento Centralizado aplicables en el sector Rural cuando se debe dar cuenta de la normativa vigente, son a juicio de esta Consultora las del tipo Biológico Convencional en las versiones de **Lodos Activado por Aeración Extendida** y **Lagunas Aeradas Multicelulares**.

6.3.2.4 CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS SOLUCIONES DE TRATAMIENTO ADOPTADAS.

A continuación, se presenta un resumen de los Criterios de Diseño específicos a adoptar para cada alternativa de tratamiento definida como viable para dar cuenta del DS 90/00, los que obedecerán al siguiente detalle.

○ **CONDICIONES DE BORDE.**

En el presente punto se presentan las condiciones de borde a considerar para el dimensionamiento de los sistemas de tratamiento adoptados.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **NÚMERO DE UNIDADES REQUERIDAS EN LAS DIFERENTES COMPONENTES UNITARIAS DE LAS PTAS.**

En el presente punto, se presenta un análisis del número de unidades consideradas en las diferentes componentes unitarias de las plantas de tratamiento de aguas servidas, incluyendo la consideración de incorporar o no unidades en stand by.

Considerando el tamaño de la población de las localidades, desde el punto de vista del óptimo económico se recomienda adoptar un tren de tratamiento para Lodos Activados por Aeración Extendida y para Lagunas Aeradas Multicelulares para poblaciones de hasta 5.000 habitantes. En el evento de existir poblaciones mayores, se deberían adoptar dos o más trenes. En cuanto a las unidades en stand by, si se cuenta con un solo tren, el considerar unidades en stand by implicaría que se duplicarán las componentes unitarias y de ser 2 trenes, una unidad en stand by implicaría aumentar las componentes unitarias en un 50 %

Al analizar las implicancias económicas que ello significaría para los órdenes de magnitud de la población servida de las localidades, se puede concluir que no es dable considerar componentes unitarias con unidades en stand by.

Para dar cuenta de lo anterior, el diseño del proceso deberá contemplar las adopciones necesarias para operar el proceso de tratamiento sin detención. Así por ejemplo, el sistema de Aeración garantizará efectuar reparaciones y mantenimiento sin interrumpir el tratamiento en ninguna de las configuraciones. En el caso de los sistemas en base a Lodos Activados, donde se contempla Aeración por difusión, ello se puede lograr con una parrilla de difusores fragmentable y desmontable (con lo cual se podrá extraer alguna de sus secciones para su mantención o reparación, manteniendo el resto de las secciones en operación al interior del tanque de Aeración) y con el equipamiento adicional necesario que permita asegurar la continuidad en el abastecimiento de oxígeno al sistema de Aeración. En el caso de las Lagunas Aeradas (Mezcla Completa o Multicelulares) se contempla Aeración por medio de Aeradores Superficiales, por lo que se contará con uno en stock para efectos de sustitución de aquel que se deba sujetar a reparación o mantención.

Otro ejemplo lo constituye la Sedimentación Secundaria en un sistema de Lodos Activados, donde la variable crítica está constituida por el puente barredor. De presentarse problemas con su equipamiento, la componente unitaria pasará a operar como Sedimentación Secundaria Estática (sin barredor) en tanto se dé cuenta de su mantención o reparación, la cual puede efectuarse en la componente o fuera de ella. Si la detención toma un tiempo que altere el balance entre la carga de sólidos aplicada y la capacidad de almacenamiento de lodos, se podrá contemplar la instalación temporal de bombas adicionales que permitan evitar acumulación excesiva de lodos en las zonas sin barrido.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE COMPONENTES UNITARIAS COMUNES A TODAS LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO.**

A continuación, se detallan las componentes unitarias específicas comunes a considerar en el diseño de cualquier sistema de tratamiento.

● **TRATAMIENTO PRELIMINAR.**

Se deberá contemplar la implementación de Cámara de Rejas en todos los sistemas. En las localidades cuya población sea menor a los 5.000 habitantes se recomienda considerar Rejas del tipo Manual contemplando una en Stand By.

En cuanto a la componente de Desarenación – Desengrasado, se recomienda que para poblaciones menores a 5.000 habitantes sea del tipo Manual y cuente con una sola bomba de extracción de arenas.

● **DESINFECCIÓN.**

Si la población servida es menor a 5.000 habitantes, se recomienda que el sistema de Cloración del efluente sea en base de Hipoclorito de Sodio, y contemplar una cámara de contacto que permita la mezcla adecuada del desinfectante con las aguas servidas tratadas considerando un período de retención mínimo de la unidad de 30 minutos a condiciones de cualquier caudal medio de diseño.

● **DESHIDRATACIÓN Y DISPOSICIÓN DE LODOS.**

En los sistemas en base a Lagunas Aeradas Multicelulares, los lodos generados en las PTAS serán deshidratados una vez al año en período de verano mediante Lechos de Secado, para posteriormente ser dispuestos en vertederos autorizados.

No ocurre lo mismo con los lodos de las PTAS en base a Lodos Activados, los que al generarse en forma continua requieren de deshidratación y disposición a una frecuencia semanal como máximo. Para ello, se recomienda considerar deshidratación mecanizada en base a Filtro Banda, Centrífuga, Filtro Prensa, etc.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **OBRAS ELÉCTRICAS Y DE CONTROL.**

Las Obras Eléctricas y de Control a considerar serán al menos las siguientes.

- Obras Eléctricas. Suministro de energía eléctrica y Subestación. Alimentación y Fuerza para equipos de bombeo Planta Elevadora, equipos de Aeración, Bombas de proceso y Desinfección. Alimentación para iluminación recinto y edificaciones.
- Generador de Emergencia.
- Equipos de Control Básicos para el Sistema de Tratamiento. Sensores de Oxígeno Disuelto, medidores de pH, medidores de cloro residual.
- Equipos de medición de Caudal (afluente, efluente, by-pass).

- **EDIFICACIONES Y OBRAS DE URBANIZACIÓN.**

Las edificaciones y obras de urbanización requeridas, son las siguientes:

- Lodos Activados.
 - Sala de Administración y Control.
 - Sala de Bombas.
 - Sala Insonorizada de Generador y Sopladores.
 - Sala de Cloración y cilindros/contenedores de cloro.
 - Edificio de deshidratación de lodos.
 - Arborización.
 - Extensión de matriz de agua potable.
 - Iluminación del recinto.
 - Obras de Urbanización. del recinto, incluyendo caminos interiores y cierros.
 - Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado.
 - By – pass.

La definición de aquellos ítems a considerar deberá efectuarse al menor costo posible, considerando el minimizar edificaciones al máximo posible pero cumpliendo con los requerimientos técnicos para cobijar los equipos asociados.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Laguna Aerada Multicelular.
 - Edificación de Fuerza y Control.
 - Bodega.
 - Sala de Cloración y cilindros/contenedores de cloro.
 - Extensión de matriz de agua potable.
 - Obras de Urbanización. del recinto, incluyendo caminos interiores y cierros.
 - Sistema de Agua Potable, servicio y Alcantarillado.
 - Sala de Grupo Electrónico.

La definición de aquellos ítems a considerar deberá efectuarse al menor costo posible, considerando el minimizar edificaciones al máximo posible pero cumpliendo con los requerimientos técnicos para cobijar los equipos asociados.

○ **LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.**

En lo referido al tratamiento propiamente tal, las Lagunas Aeradas Multicelulares pueden ser asimiladas a un proceso de lodos activados sin recirculación, cuyos principales criterios de diseño están claramente definidos, y pueden resumirse de acuerdo al siguiente detalle.

• **CRITERIOS DE DISEÑO.**

Los criterios de diseño más relevantes son los siguientes.

- Tiempo de retención 3 días (Mezcla Completa)
- Demanda de Oxígeno 1,25 [KgO₂/KgDBO]

El modelo a usar para el diseño será el de O'Connor & Eckenfelder, para las constantes cinéticas recomendadas por Alem, las que han demostrado su validez en Chile en el sistema de Lagunas Aeradas de Copiapó, y que obedecen al siguiente detalle.

CONSTANTE CINETICA	Desig	Unidad	VALOR	
			5 < T < 14 °C	T > 14 °C
Coefficiente de Producción Celular	Y	[gSSV/gDBO]	0,7	0,7
Coefficiente de Respiración Endógena	b	[1/día]	0,06	0,08
Coefficiente de Degradación	k'	[1/día]	0,03	0,05



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En cuanto al resto de las principales variables del modelo adoptadas para el dimensionamiento, son las siguientes

VARIABLE	Unidad	Valor
Razón SSV/SST		0,85
Reducción Anaeróbica SSV 1er año	[%]	60
Humedad lodo de fondo	[%]	95
Concentración lodo de fondo	[Kg/m ³]	50
Humedad lodo purgado	[%]	97
Concentración lodo purgado	[Kg/m ³]	30
SST efluente Laguna Sedimentación	[mg/L]	25

Las lagunas serán equipadas con Aeradores, los que pueden ser del tipo flotante, fijo o sumergido y rápido o lento, siendo los más comunes los flotantes de alta o baja rotación. En la elección del aerador se deberá considerar la potencia necesaria para suplir tanto los requerimientos de oxígeno como también la potencia necesaria para proveer mezcla completa (mantención de los sólidos en suspensión).

Considerando los criterios de diseño señalados, el dimensionamiento del sistema de tratamiento deberá dar cuenta de los siguientes criterios.

- El Período de Retención en la laguna Aerada Multicelular de cualquier escenario del año (Media anual, Punta y No Punta) y a lo largo del período de previsión deberá tener un período de retención mínimo de 3 días, trabajando a profundidad en el rango de 2,5 – 3,5 metros.
- En la Laguna de Sedimentación Parcialmente Aerada, el tiempo de retención deberá tener un mínimo de 2,0 días descontando el volumen ocupado por los lodos. Un tiempo mayor en la Laguna Aerada sólo redundará en un mayor costo, en tanto que en la laguna de sedimentación, aumenta las posibilidades de que se generen algas en el efluente. La Laguna deberá estar dividida en 2 celdas por medio de una cortina.
- En término de los requerimientos de oxígeno, se deberán asumir valores mayores a los predichos por los modelos con el fin de absorber cargas peak y las fluctuaciones propias de las aguas servidas. Algunos fabricantes recomiendan usar 1 [KgO₂/KgDBO], en tanto que autores como Alem prefieren usar un valor más conservador de 1,25 [KgO₂/KgDBO].



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Para proveer el grado de Aeración y agitación necesarios en la laguna Aerada se recomienda considerar referencialmente Aeradores superficiales con una Transferencia de Oxígeno en condiciones estándar de 1,5 [KgO₂/KWH]. Esta transferencia es del orden de un 10% menor a lo normalmente usado, y se debe al efecto que se produce al operar en un estanque (laguna) con una menor densidad de potencia que la usada en las pruebas de determinación de la transferencia estándar.
- Adicionalmente, se deberá contemplar una densidad de energía mínima para mezcla completa entre 5 y 6 [W/m³].
- En la Laguna de Sedimentación Parcialmente Aerada se deberá prever la inclusión de mínimo 1 (un) aerador superficial por celda para satisfacer la densidad de mezcla requerida.
- Para la desinfección por Cloración, se deberá considerar un estanque de contacto con un tiempo de retención mayor a 30 a condiciones de cualquier caudal medio (anual, Punta y No Punta) y estará constituido por determinado número de canales de ancho y profundidad de la masa líquida que permitan un adecuado contacto de las aguas servidas con el Desinfectante.
- En cuanto al sistema de cloración se recomienda adoptar Hipoclorito de Sodio o Cloro Gas según la población servida a tratar sea menor o mayor a 10.000 habitantes respectivamente.
- Se recomienda considerar una dosificación de 7 [mg/l] de cloro para lograr el abatimiento bacteriológico requerido.
- Considerando que no se requiere deshidratación continua de los lodos a lo largo del año, se recomienda efectuarlo por Lechos de Secado. Se recomienda definir el efectuar la deshidratación durante 3 meses del verano, por lo cual la producción anual de lodos será deshidratada en 90 días. Las condiciones de borde adoptadas para el dimensionamiento deberán contemplar una altura de lodos máxima de 30 cm y un tiempo de Retención de los lodos de 21 días (tiempo establecido en CEXAS Melipilla) para deshidratación de lodos en el verano.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

• **CONSIDERACIONES ADICIONALES.**

El resumen de los criterios adicionales de Diseño a emplear en los sistemas en base a Lagunas Aeradas Multicelulares, obedecerá al siguiente detalle

• **CAUDALES.**

COMPONENTE UNITARIA	CAUDAL						CRITERIO
	MÍNIMO	MEDIO			MÁXIMO		
		Anual	Verano	Invierno	MENS	HOR.	
Planta Elevadora	X						Tiempo Retención menor a 20 min
Caudal Bombeo						X	Número de partidas por hora
							10% superior a Q _{máx}
Tratamiento Preliminar							
Medidor de caudal	X					X	Medición en todo el rango
Rejas						X	Velocidad no superior a 1 m/s
Desarenador	X					X	Tiempo de retención entre 3 y 10 min
						X	Tasa de decantación entre 15 y 100 m/h
Laguna Aerada Multicelular.		X	X	X	X		Período Retención 3 días
Laguna Sedimentación Parcialmente Aerada (2)		X	X	X	X		Per Ret 1 día descuent Vol Lodos
Cloración		X	X	X			Tiempo Retención de 30 min

• **CARGAS.**

COMPONENTE UNITARIA	CARGA						CRITERIO
	MÍNIMA	MEDIA			MÁXIMA		
		Anual	Verano	Invierno	MENS	HOR.	
CIRCUITO LIQUIDO							
Aeración Lag Aer Multicelular		X	X	X			Determina Consumos Energía
					X		Define Capacidad Aer para C Org
CIRCUITO DE LODOS							
Lechos Secado			X				Carga < 125 Kg/m ² /año
			X				Período Secado 28 días
			X				Altura Lodo en Lechos 30 cm.

• **OTRAS VARIABLES.**

COMPONENTE UNITARIA	CONDICION						CRITERIO
		MEDIA			MÁXIMA		
		Anual	Verano	Invierno	MENS	HOR.	
Lag Aerada Multicelular		X	X	X	X		Pot Inst : Mayor 5 W/m ³ ó Req Aer
Laguna Sedimentación Parcialmente Aerada							Pot Inst : 1,5 – 2 W/m ³
Remoción Nitrógeno		X	X	X			Agregado FeCl ₃ para cumplir Cal Ef.
Remoción Fósforo		X	X	X			Cloración o precipitación química



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **LODOS ACTIVADOS.**

En lo referido al tratamiento propiamente tal, los principales criterios de diseño de los Lodos Activados están claramente definidos, y pueden resumirse de acuerdo al siguiente detalle.

Los parámetros de diseño de un sistema de Lodos Activados son la Edad del Lodo (θ_c) que indica el tiempo que el lodo debe permanecer en el sistema y la relación Alimento/Microorganismos, conocido como F/M por sus siglas en inglés (Food/Microorganisms). La aplicación de parámetros de diseño como el Tiempo de Retención hidráulico no tienen sentido teórico, y los valores que se encuentran en la bibliografía son cuando mucho apropiados para aguas servidas domésticas.

Para Aeración Extendida y Aguas Servidas Domésticas, la “Edad del Lodo” o Tiempo de Retención Celular” oscila entre 20 y 30 [días], en tanto que para Lodos Activados a Media Carga, Convencionales, Mezcla Completa, Contacto-Estabilización, varía entre 5 y 15 [días]. Se acepta que un proceso con una Edad del Lodo mayor a 20 – 25 [días] producirá un lodo mineralizado que no necesitará digestión posterior, mostrando la experiencia que en determinadas PTAS se han encontrado lodos que con una edad de 20 días no se encuentran estabilizados del todo.

La razón F/M se determina dividiendo los Kg de Alimento o Carga Orgánica del afluente (DBO [mg/l] * Caudal [m³/día] / 1000 expresada en KgDBO/día) por la cantidad en Kg de Sólidos Suspendedos del Licor Mezclado en el tanque de aeración. Dicha cantidad de Sólidos Suspendedos se puede calcular considerando la parte volátil (SSVLM) o los totales (SSLM), siendo los volátiles un 75% aproximadamente de los totales. La cantidad de Sólidos se calcula como el producto de la concentración de SSLM o SSVLM (2 a 6 [KgSSLM/m³] dependiendo del proceso) y el volumen del estanque. Lo anterior se resume como.

$$F/M = \frac{CO \text{ [KgDBO/día]}}{(SSLM \text{ o SSVLM [Kg/m}^3]) * V \text{ [m}^3]}$$

La razón F/M variará entre 0,05 – 0,15 y 0,2 – 0,04 [KgDBO/KgSSVLM/día] para procesos por Aeración Extendida y Lodos Activados a Media Carga o Convencionales respectivamente .



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

La relación entre la Edad del Lodo y F/M se obtiene a partir de:

$$\theta_c [\text{días}] = 1 / (P_x * F/M) \quad (\text{con F/M en [KgDBO/KgSSLM/día]})$$

P_x es la cantidad de lodo en exceso que se produce en el tratamiento biológico, la que para aguas servidas domésticas oscila entre 0,6 y 1,5 Kg. de sólidos suspendidos totales por Kg. de DBO removida, según el tipo de tratamiento. Algunos valores típicos para P_x en aguas servidas son 0,7 – 0,8 para Aeración Extendida, 1,0 – 1,3 para Lodos Activados Convencionales y a Media Carga y 1,3 – 1,6 para Alta Tasa.

Como criterio de diseño, los rangos normalmente adoptados para las diferentes versiones más comúnmente adoptadas de Lodos Activados corresponden al siguiente detalle.

LODOS ACTIVADOS

PROCESO	Edad Lodo [días]	F/M KgDBO/KgSSVLM/d	SSLM [mg/l]	Recirc Qr/Q	Rem DBO %
Media Carga o Convencional	5 – 15	0,2 – 0,4	1500 – 3000	0,3 – 0,8	85 – 95
Aeración Extendida (Excepto Zanja Oxidación)	20 – 30	0,05 – 0,15	3000 – 6000	0,5 – 1,5	75 – 95
Alta Tasa	5 – 10	0,4 – 1,5	4000 – 10000	1 – 5	75 – 90
Zanja Oxidación	10 – 30	0,05 – 0,3	3000 – 6000	0,8 – 1,5	75 – 95
Reactor Secuencial Discontinuo		0,05 – 0,3	1500 – 5000	N/A	85 – 95

El resumen de los criterios de Diseño a emplear en los sistemas de Lodos Activados por Aeración Extendida, obedecerá al siguiente detalle



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

• **CAUDALES.**

COMPONENTE UNITARIA	CAUDAL						CRITERIO
	MÍNIMO	MEDIO			MÁXIMO		
		Anual	Verano	Invierno	DIARIO	HOR.	
Planta Elevadora	X						Tiempo Retención menor a 20 min
Caudal Bombeo						X	Número de partidas por hora
							10% superior a Q _{máx}
Tratamiento Preliminar							
Medidor de caudal	X					X	Medición en todo el rango
Rejas						X	Velocidad no superior a 1 m/s
Desarenador	X					X	Tiempo de retención entre 3 y 10 min
						X	Tasa de decantación entre 15 y 100 m/h
Sedimentación Secundaria		X	X	X			Criterio ATV
						X	Criterio ATV
Lodo Activado Retorno					X		Entre 50 y 150 % del Q _{medio}
Cloración		X	X	X			Tiempo Retención de 30 min
						X	Tiempo de Retención de 15 min

• **CARGAS.**

COMPONENTE UNITARIA	CARGA						CRITERIO
	MÍNIMA	MEDIA			MÁXIMA		
		Anual	Verano	Invierno	DIARIA	HOR.	
CIRCUITO LIQUIDO							
Estanque Aeración							
Carga DBO		X	X	X			Define volumen de la unidad
Sedimentación Secundaria							
Carga de Sólidos						X	Criterio ATV
Aeración							
Carga DBO		X	X	X			Determina Consumos Energía
Carga DBO						X	Define Capacidad Aeración
Carga DBO						X	Define Capacidad Instalada
CIRCUITO DE LODOS							
Lodo Activado Exceso							
Carga de sólidos						X	Proporcional a la Carga de DBO
Espesamiento Gravitacional							
Carga de sólidos						X	Tasa < 30 kg/m ² /d
Digestión Aeróbica							
Carga de sólidos		X	X	X			Tiempo de retención sobre 15 d
Carga SSV		X	X	X			Se requiere remoción sobre 38%
Digestión Anaeróbica							
Carga de sólidos		X	X	X			Tiempo de retención sobre 15 d
Carga SSV		X	X	X			Se requiere remoción sobre 38%
Deshidratación							
Carga de sólidos		X	X	X			Se requiere secado sobre 18%
Equipamiento Dig. Anaerób.							
Carga de sólidos		X	X	X			Depende del volumen del reactor

• **OTRAS VARIABLES.**



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Con respecto a la calidad establecida a los SST del efluente, el comportamiento de un sistema de tratamiento por Lodos Activados alcanza la remoción de DBO en forma asociada a los SST y en el orden establecido (90 – 95 %), no siendo dable segregarse entre una eficiencia alta de remoción de DBO (35 mg/l en el efluente) y una eficiencia baja de remoción de SST (80 mg/l en el efluente). Adicionalmente, la optimización de la dosificación de Cloro para la desinfección del efluente es directamente proporcional al contenido de SST, de modo que mientras más baja la concentración de este parámetro se requerirá una menor dosis de Cloro. A objeto de tener coherencia entre los parámetros al analizar esta alternativa, se establece un límite en Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 35 en lugar de 80 mg/l, consistente con el límite de 35 mg/l en términos de DBO₅ y con una adecuada desinfección del agua servida tratada.

- Tipo Aeración Extendida.
- Producción Lodos 0,85 Kg/KgDBO_{REM}
- Tanque Aeración
 - OD en el Tanque 2 mg/l
 - SSTLM 3,0 – 4,0 Kg./m³
 - Edad del Lodo 25 días.
 - Profundidad 3,0 – 5,0 m.
- Sistema Aeración.
 - Difusión
 - Requerimiento Oxígeno 1,5 Kg/KgDBO_{REM} + 4,6 Kg/KgNH₃_{REM} - 2,8 kg/Kg NO₃
 - Valor α 0,70 (aeración por Difusión)
 - Valor β 0,95
 - Transferencia Oxígeno 5,23 % / m (aeración por Difusión)
- Sedimentación Secundaria.
 - Criterio Diseño ATV (Alemania)
 - Conc. Lodo Sedimentado 6,7 – 7,5 Kg/m³.
 - Indice Volum. Lodos (IVL) 150 ml/l
 - Profundidad Componente 3,0 – 4,5 m.
 - Altura Elev. Recirculación 4 m.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Desinfección.
 - Cloración.
 - Período Retención > 30 min a Qmedio
- Tratamiento Lodos.
 - Espesamiento Lodo Secundario.
 - Conc. Lodo Espesado 25 Kg/m³.
 - Profundidad Componente 3,5 – 4,0 m.
 - Tasa Carga < 30 Kg/m²/día.
 - Deshidratación Mecanizada.

6.3.2.5 COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Al igual que en el caso de los sistemas Descentralizados, no es posible definir los Costos de Inversión de la tecnología de tratamiento solamente en función de la población, toda vez que también dependerán de otros factores como las condiciones geográficas locales, precios unitarios de la zona, etc.

No obstante, y a objeto de contar con costos referenciales de las alternativas de tratamiento aplicables al sector Rural, se elaboró un Modelo de Costos, estructurado en base a Modelos Principales y Modelos Auxiliares.

Considerando el rango de población del análisis, los Modelos Principales considerados corresponden a las siguientes tecnologías.

- Lodos Activados por Aeración Extendida.
- Lagunas Aeradas Multicelulares.

Los Modelos Auxiliares contemplan planillas referidas a la valorización de la infraestructura requerida como Cañerías de distintos materiales en todos los diámetros comerciales, Planta Elevadora de Aguas Servidas, Estanques Circulares y Rectangulares de Hormigón Armado, Curvas de Costos de Equipos, etc..



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

El resto de los elementos de Costo se completó con Planillas más simples que permiten obtenerlos a través de parámetros específicos de diseño, como por ejemplo.

- Cámara de Rejas, por rango de Caudal.
- Canaleta Parshall por rango de Caudal.
- Instalaciones Eléctricas por rango de Potencia.
- Edificios, Bodegas, Galpones y Casetas por área (m2).

6.3.2.5.1 DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

A objeto de poder efectuar el dimensionamiento de los sistemas de tratamiento en función de la población, se definieron referencialmente distintas poblaciones de localidades de la zona central del país para las tecnologías de Lodo Activado por Aeración Extendida y Lagunas Aeradas Multicelulares (1.000 – 6.500 habitantes), cuyas Bases de Cálculo obedecieron al siguiente detalle.

LODOS ACTIVADOS POR AERACION EXTENDIDA

Población Doméstica [hab]	Aporte per cápita [grDBO/hab/d]	C. Orgánica Total [Kg/día]	Caudal [l/s]
873	40	35	0,9
1375	40	55	1,7
1478	40	59	1,7
1914	40	77	2,24
2843	40	114	2,5
3687	40	147	4,02
4250	40	170	4,51
5036	40	201	5
6445	40	258	6,9

LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES

Población Doméstica [hab]	Aporte per cápita [grDBO/hab/d]	C. Orgánica Total [Kg/día]	Caudal [l/s]
1432	40	57	2,4
4312	40	172	3,7
6068	40	111	12,28
6446	40	258	7,8



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Por razones de homologamiento de los sistemas, las Bases de Cálculo para el dimensionamiento de los sistemas consideran solamente el caudal de las aguas servidas domésticas, debiendo destacar que en las Regiones de la zona Central al Sur, se deberá contemplar aportes por Infiltración. Asimismo, no se consideran aportes de RILES, toda vez que de existir, el dimensionamiento deberá considerar la Población Equivalente Total, la que consistirá en la suma de la población doméstica y la población equivalente por aporte de RILES (Carga Orgánica [Kg/d] / Aporte per cápita).

Las correlaciones con los demás parámetros obedecen a las típicas encontradas en el país para aguas servidas domésticas, con lo cual las concentraciones de los parámetros obedecerán al siguiente detalle.

LODOS ACTIVADOS POR AERACIÓN EXTENDIDA

Población Doméstica [hab]	C. Orgánica Total [Kg/día]	SST/DBO	NKT/DBO	PT/DBO	DBO [mg/l]	SST [mg/l]	NKT [mg/l]	PT [mg/l]
873	35	1,00	0,25	0,05	449	449	112,3	22,5
1375	55	1,00	0,25	0,05	374	374	93,6	18,7
1478	59	1,00	0,25	0,05	403	403	100,6	20,1
1914	77	1,00	0,25	0,05	396	396	98,9	19,8
2843	114	1,03	0,25	0,05	526	542	131,6	26,3
3687	147	1,00	0,25	0,05	425	425	106,2	21,2
4250	170	1,00	0,25	0,05	436	436	109,1	21,8
5036	201	1,00	0,25	0,05	466	466	116,6	23,3
6445	258	1,00	0,25	0,05	432	432	108,1	21,6

LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES

Población Doméstica [hab]	C. Orgánica Total [Kg/día]	SST/DBO	NKT/DBO	PT/DBO	DBO [mg/l]	SST [mg/l]	NKT [mg/l]	PT [mg/l]
1432	57	1,00	0,25	0,05	276	276	69,1	13,8
4312	172	1,00	0,25	0,05	535	535	133,9	26,8
6068	111	1,00	0,25	0,05	229	229	57,2	11,4
6446	258	1,00	0,25	0,05	383	383	95,6	19,1

Una vez definidas las Bases de Cálculo, se procedió a efectuar el dimensionamiento de los sistemas de tratamiento considerando las Condiciones de Borde y Criterios de Diseño definidos en el punto anterior.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

6.3.2.5.2 COSTOS DE INVERSIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

Una vez efectuados los dimensionamientos de los sistemas de tratamiento para las distintas poblaciones servidas, se procedió a la valorización de los Costos de Inversión de cada una de ellas por medio del Modelo de Costos, considerando las características específicas de las localidades analizadas de la zona central del país.

En el Modelo, los Costos de Inversión de las PTAS propiamente tales se subdividieron básicamente en Obras Civiles y Equipos, de acuerdo al siguiente detalle.

- **OBRAS CIVILES.**

Los costos de Obras Civiles se calcularon sobre la base de las cubicciones de las obras proyectadas a nivel de Ingeniería Conceptual y los respectivos precios unitarios referenciales.

Las obras incluidas en el análisis de Costos de Inversión de los sistemas de tratamiento son las siguientes.

- Tratamiento Preliminar (Cámara de Rejas manual o mecanizada).
- Tratamiento Biológico.
- Desinfección.
- Tratamiento, Deshidratación y Disposición de Lodos.
 - Lechos de Secado para Lagunas Aeradas Multicelulares.
 - Espesamiento y Deshidratación mecanizada en PTAS en base a Lodos Activados para poblaciones mayores a 1.000 habitantes.
- Edificaciones y Obras de Urbanización.
 - Control y Comando, Bodega y Grupo Electrónico.
 - Galpón insonorizado para Sopladores (los Generadores se consideraron con insonorización incorporada).
 - Sala Cloración.
 - Camino Acceso.
 - Urbanización del recinto PTAS, incluyendo caminos interiores y cierros.
 - Red Agua Potable.
 - Alcantarillado del recinto.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **EQUIPOS.**

Los Costos de los Equipos contemplados para cada alternativa de tratamiento dimensionada, se calcularon sobre la base de cotizaciones de los distintos ítems que obran en poder de esta oficina consultora.

Considerando la población asociada y el número de alternativas analizadas, la metodología consistió en obtener cotizaciones para distintos tamaños de cada equipo considerado, a partir de los cuales se generó la consecuente Curva de Costos en función de la variable asociada (p.e. Sopladores por Potencia [HP ó KW], etc.).

Una vez generada la Curva, se pueden obtener los Costos de Inversión de los Equipos en función del requerimiento que arrojó el dimensionamiento, los que fueron alimentados directamente a la Planilla de Presupuesto.

- **DESGLOSE DE LOS COSTOS DE INVERSION.**

Considerando que los Costos de Inversión puedan ser utilizados para decisiones estratégicas, se desglosarán del siguiente modo.

- **INFRAESTRUCTURA DE AGUAS SERVIDAS.**
 - **CONDUCCIONES.**
 - Emisario Afluente.
 - Emisario de Descarga.
 - **PLANTAS ELEVADORAS DE AGUAS SERVIDAS (PEAS).**
 - **PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.**
 - Costos Directos
 - Costos Directos A.
 - Urbanización
 - Edificaciones
 - Obras Civiles
 - Interconexiones Hidráulicas.
 - Equipos
 - Obras Eléctricas
 - Montaje Equipos (10 % Costo de los Equipos y Obras Eléctricas)
 - Obras Especiales (Según localidad)
 - Costos Directos B
 - Costos Directos A.
 - Puesta en Marcha (3 % de los Costos Directos A).



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Costos Indirectos
 - Gastos Generales y Utilidades (32 % Costos Directos)
 - Ingeniería e Inspección de Obras (9 % Costos Directos)
 - Instalación de Faenas (1,5 % de los Costos Directos).

La estimación de los Costos de las PTAS obedecerá a la siguiente relación.

$$\text{Costo Total} = \text{CD} * (1 + \text{IF}) * (1 + \text{GGyU}) * (1 + \text{INGyITO})$$

- **OTRAS INVERSIONES.**
 - Terreno.
- **INFRAESTRUCTURA DE APOYO.**
 - Macromedidores.
 - Equipo Generador.

- **RESUMEN DE LOS COSTOS DE INVERSION.**

Para una mejor visualización, los Costos de Inversión, expresados en Dólares por Habitante, consideran los **Costos Directos** y **Costos Indirectos** de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas propiamente tal (Dic 2004), excluyendo Emisario de Descarga, Plantas Elevadoras de Aguas Servidas, Terreno, Macromedidores y Equipos Generadores.

En la tabla siguiente se resume el Costo de Inversión obtenido para las localidades dimensionadas de la zona central del país.

LODOS ACTIVADOS	
POBLACIÓN DOMÉSTICA [hab]	COSTOS DE INVERSION US\$/Hab
873	314
1375	330
1478	311
1914	256
2843	187
3687	162
4250	147
5036	139
6445	145



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES

POBLACIÓN DOMÉSTICA [hab]	COSTOS DE INVERSIÓN US\$/Hab
1432	198
4312	85
6068	108
6446	79

A objeto de visualizar de mejor manera los costos asociados a la Inversión de las PTAS, se entrega a continuación el resumen de la valorización segregada de las obras requeridas, las que obedecen al siguiente detalle.

LODOS ACTIVADOS POR AERACION EXTENDIDA

Población Equivalente	873	1375	1478	1914
Caudal [l/s]	0,9	1,7	1,7	2,24
Costos Directos [Miles \$]	105.147	174.184	176.563	41.456
Costos Indirectos [Miles \$]	48.168	79.794	80.884	86.324
US\$/Hab	314	330	311	256

Población Equivalente	2843	3686,96	4250,23	5036
Caudal [l/s]	2,5	4,02	4,51	5
Costos Directos [Miles \$]	204.655	50.528	52.770	268.547
Costos Indirectos [Miles \$]	93.753	44.815	46.804	124.391
US\$/Hab	187	162	147	139

Población Equivalente	6445
Caudal [l/s]	6,9
Costos Directos [Miles \$]	357.565
Costos Indirectos [Miles \$]	165.547
US\$/Hab	145



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

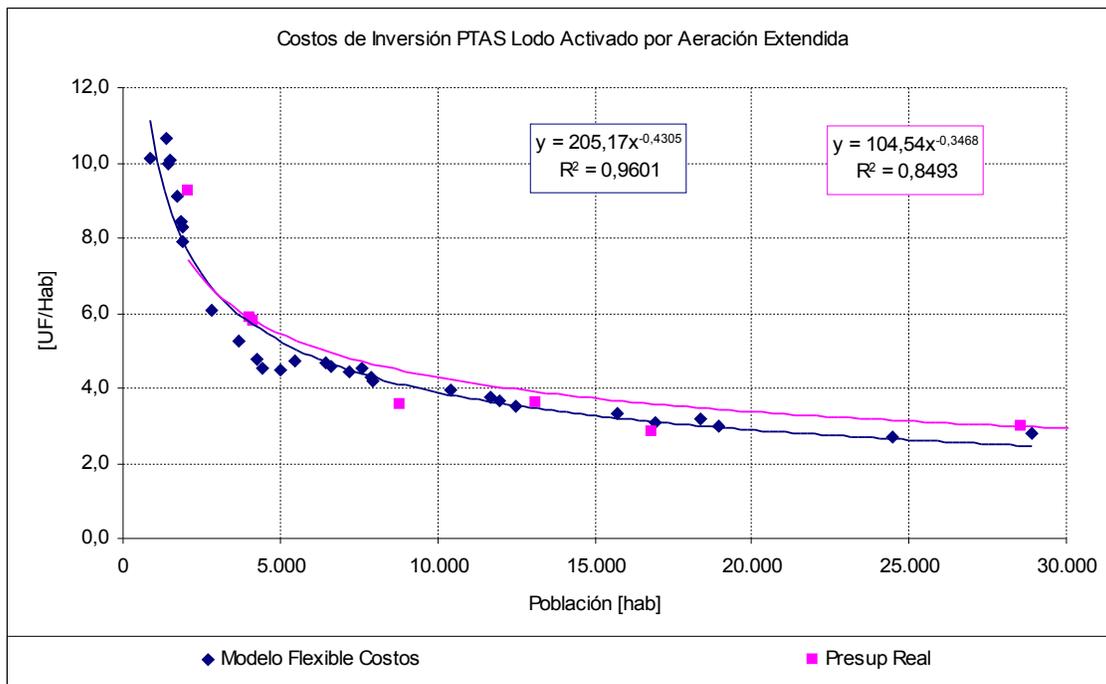
**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES

Población Equivalente	1432	4312	6068	6446
Caudal [l/s]	2,4	3,728	12,28	7,8
Costos Directos [Miles \$]	106.231	138.099	251.917	194.570
Costos Indirectos [Miles \$]	52.433	68.162	115.404	89.133
US\$/Hab	198	85	108	79

• **COMPARACIÓN CON PRESUPUESTOS REALES DE PTAS EN BASE A LODOS ACTIVADOS.**

A objeto de visualizar los Costos de Inversión de las PTAS en base a Lodos Activados obtenidos en función de la población para las localidades de la zona central del país, se presenta a continuación a modo ilustrativo un gráfico que contiene tanto los costos obtenidos a partir del Modelo de Costos como los de Presupuestos Reales (considerando las mismas partidas) de licitaciones efectuadas a lo largo del país.





KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Efectuando un análisis comparativo, se puede concluir en términos generales que la valorización de las PTAS de Lodos Activados por Aeración Extendida obtenida a partir del Modelo de Costos se encuentra en el orden de los Presupuestos Reales de PTAS licitadas, especialmente si se considera que estos últimos responden a características específicas dependientes de la zona geográfica del emplazamiento, presencia de napa, características del suelo, precios unitarios de la zona, etc.

6.3.2.5.3 CONSUMOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

Para efectos de contar con información adecuada de los Consumos de Operación de los sistemas de tratamiento, se segregaron los Consumos Variables relacionados con los sistemas de tratamiento en Energía Eléctrica, Reactivos y Transporte y Disposición de Lodos, los que obedecen al siguiente detalle.

○ CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

En los sistemas de tratamiento biológico del tipo convencional, uno de los principales costos variables corresponde al del sistema de aeración del tratamiento biológico (aeradores y/o agitadores), especialmente cuando se trata de sistemas por cultivo suspendido (lagunas aeradas, lodos activados). Para los efectos del presente estudio, se segregaron los consumos por este concepto del resto del consumo de energía eléctrica de la planta (elevación de aguas servidas, bombeo de lodos, barredores del espesador y/o sedimentador (si procede), desinfección, etc.), a objeto de verificar la consistencia de los consumos, cuyo resumen obedece al siguiente detalle.

LODOS ACTIVADOS	
POBLACIÓN DOMÉSTICA [hab]	CONSUMO DE ENERGÍA KWH/DÍA
873	254
1375	282
1478	309
1914	339
2843	423
3687	508
4250	560
5036	689
6445	868



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES

POBLACIÓN DOMÉSTICA [hab]	CONSUMO DE ENERGÍA KWH/DÍA
1432	188
4312	321
6068	652
6446	485

○ **CONSUMO DE CLORO PARA DESINFECCION.**

Se adoptó la desinfección de las aguas servidas tratadas por medio de Cloración. Por razones económicas en función de la población, se adoptó desinfección por medio de Hipoclorito de Sodio cuando la población servida a desinfectar es menor a 5.000 habitantes y Cloro Gas cuando es mayor.

Considerando la calidad esperada en el efluente de cada tecnología (especialmente en términos de Sólidos Suspendidos Totales), se adoptó una dosificación de 6 y 7 [mg/l] de Cloro activo para Lodo Activado por Aeración Extendida y Lagunas Aeradas Multicelulares respectivamente.

Bajo las anteriores consideraciones, los consumos asociados obedecen al siguiente resumen.

LODOS ACTIVADOS

POBLACIÓN DOMÉSTICA [hab]	CONSUMO DE CLORO [Kg/año]
873	187
1375	354
1478	354
1914	466
2843	520
3687	837
4250	939
5036	946
6445	1.306



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES

POBLACIÓN DOMÉSTICA [hab]	CONSUMO DE CLORO [Kg/año]
1432	583
4312	905
6068	2.711
6446	1.894

○ **CONSUMO DE POLIMERO O POLIELECTROLITO.**

En el sistema de Lodos Activados por Aeración Extendida se requerirá dosificar polímeros o polielectrolito para la deshidratación de los Lodos, toda vez que a diferencia de los sistemas en base a Lagunas Aeradas, será continua a través de un sistema mecanizado (filtro prensa, filtro banda, etc.).

Se consideró una dosificación de 5 Kg de Polímero /Ton LodoBaseSeca.

Los consumos asociados a este ítem obedecen al siguiente resumen.

LODOS ACTIVADOS

POBLACIÓN DOMÉSTICA [hab]	CONSUMO DE POLÍMERO [Kg/año]
873	51
1375	78
1478	85
1914	110
2843	166
3687	213
4250	246
5036	292
6445	372



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES

POBLACIÓN DOMÉSTICA [hab]	CONSUMO DE POLÍMERO [Kg/año]
1432	0
4312	0
6068	0
6446	0

○ **CONSUMO DE CAL.**

La experiencia en diversas plantas de tratamiento de aguas servidas del país y las características propias de los residuos provenientes del Tratamiento Preliminar (en especial cuando provienen de una reja del tipo manual sin compactación), muestran la conveniencia de mezclarlos con Cal para evitar generación de olores ofensivos al entorno inmediato.

Se consideró una dosificación de 0,4 Kg/KgBasura.

Los consumos asociados obedecen al siguiente resumen.

LODOS ACTIVADOS

POBLACIÓN DOMÉSTICA [hab]	CONSUMO DE CAL [Kg/año]
873	144
1375	227
1478	244
1914	316
2843	469
3687	608
4250	701
5036	831
6445	1.063

LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES

POBLACIÓN DOMÉSTICA [hab]	CONSUMO DE CAL [Kg/año]
1432	236
4312	711
6068	1.001
6446	1.064



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **TRANSPORTE Y DISPOSICION DE LODOS.**

Para los casos en que se efectúe deshidratación mecanizada en la PTAS, la producción de Lodos generada en cada una de ellas deberá ser Transportada y Dispuesta adecuadamente.

Para estimar dichos costos, la producción de lodos obedece al siguiente detalle.

LODOS ACTIVADOS

POBLACIÓN DOMÉSTICA [hab]	PRODUCCIÓN DE LODO TON/AÑO
873	10
1375	16
1478	17
1914	22
2843	33
3687	43
4250	49
5036	58
6445	74

LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES

POBLACIÓN DOMÉSTICA [hab]	PRODUCCIÓN DE LODO TON/AÑO
1432	15
4312	50
6068	51
6446	73

6.4 PRINCIPALES CONCLUSIONES.

Como se puede apreciar del análisis ilustrativo mostrado para poblaciones de localidades de la zona central del país, los Costos de Inversión y Operación referidos a sistemas de tratamiento que deben dar cuenta de la normativa vigente resultan más caros mientras más pequeña sea la población.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En el caso de las poblaciones del sector rural, ello se torna más dramático, puesto que los Costos de Inversión de sistemas de tratamiento en base a Lodos Activados se encuentran entre 11 y 5 UF/Hab para poblaciones entre 1.000 y 5.000 habitantes.

En el caso de las Lagunas Aeradas Multicelulares, los Costos de Inversión son más bajos que los de Lodos Activados (60 – 75 %), al igual que los Costos de Operación. Si a ello se suma el hecho que los lodos de estos sistemas permanecen en la laguna por un año antes de ser evacuados (a diferencia de los Lodos Activados que requieren remoción continua de lodos) y que tienen mayor simplicidad operativa, se aprecia la conveniencia de considerar esta alternativa como solución para el sector rural.

Asimismo, el ejemplo ilustrativo muestra que no es posible definir la tecnología de tratamiento a implementar solamente en función de la población, toda vez que también dependerá de otros factores como las condiciones locales, calidad requerida por la normativa de emisión en función del escenario de descarga, etc.

7 DEFINICIÓN ÁMBITO SOCIAL.

7.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo aborda el análisis y caracterización de los sistemas de Abastecimiento de Agua Potable Rural existentes en localidades con población rural concentrada, en lo que dice relación con factores asociados a su gestión, tipo de organización y tamaño de los servicios, etc.

Sobre dicha base, se propondrá tanto un tipo de organización adecuada como las características y condiciones necesarias para la implementación de nuevas soluciones de Saneamiento Rural en localidades rurales semi concentradas y dispersas.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Para ello, el presente capítulo se desarrolla teniendo en cuenta los siguientes aspectos y consideraciones.

- El abastecimiento de agua potable y el saneamiento será abordado teniendo en cuenta que el agua es, a la vez.

Un bien social: Disponer de agua potable es esencial para la vida, y adecuados sistemas de agua y disposición de aguas servidas tienen importantes implicancias sanitarias.

Un recurso natural: El agua dulce es un recurso escaso y su preservación como recurso natural es hoy el principio rector para su manejo en todos sus usos.

Un bien económico: Los costos de instalación y operación obligan a adoptar un criterio empresarial en su comercialización.

- El sector de agua potable y saneamiento –entendido como el conjunto de instituciones, leyes, reglamentaciones normativas, recursos humanos y bienes relacionados con la prestación de los Servicios de agua potable y de Saneamiento– presenta características especiales que pueden sistematizarse del siguiente modo.

Los servicios son básicamente locales.: El abastecimiento de agua y la disposición de aguas servidas son servicios propios de cada localidad, especialmente cuando está, como es la gran mayoría de los casos, distanciada físicamente de otras localidades.

Los servicios son monopólicos: Se trata de un monopolio natural debido a razones técnicas y económicas

La prestación de los servicios es una actividad industrial: La materia prima es el agua tomada del ambiente y sus desagües son devueltos al mismo ambiente.

Su rentabilidad es baja: La tasa de retorno de las inversiones es muchísimo menor que para otros servicios públicos (telecomunicaciones, energía eléctrica, gas, cable, transporte público, etc.).



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

•*Sostenibilidad y Sustentabilidad de los proyectos:* Se considera que un proyecto es sostenible, cuando en el período de diseño proyectado se suministra el nivel deseado de servicio con criterios de calidad y eficiencia; que puede ser financiado o cofinanciado por sus usuarios, con un mínimo razonable de apoyo externo y de asistencia técnica, y que es usado de manera eficiente sin que cause un efecto negativo al ambiente.

Desde el punto de vista económico, la sostenibilidad de un proyecto estará dada por la adopción de esquemas organizacionales eficientes, en donde se asegure tanto la correcta administración de los mismos como también su financiamiento para la correspondiente operación y mantenimiento.

Para lo anterior, es necesario contar con sistemas tarifarios que aseguren los ingresos para tal efecto, contrastado con la capacidad de pago de los usuarios. Se puede apelar a subsidios a la inversión y a la operación. Se puede contemplar beneficios tributarios que incentiven implementación proyectos, pero que disminuyan costos totales.

•*Comunidad:* Si bien es cierto que las alternativas técnicas de las soluciones estarán determinadas por la caracterización geográfica y la disponibilidad técnica y económica, no es menos cierto que las alternativas organizacionales estarán dadas por las características culturales, étnicas, etareas, y demográficas; la diversidad social y de género existente; las modalidades de organización y la participación de los distintos grupos sociales locales.

A la luz de lo anterior, es necesario tener en cuenta que, la implementación de todo proyecto de saneamiento ambiental generará cambios importantes en la vida de las personas y, por ende, provocará impactos sociales. Un proyecto será más eficiente y logrará mejores resultados, aceptación y sentido de pertenencia, si la comunidad está involucrada en la identificación de las necesidades, capacidades, oportunidades y limitaciones locales frente al proyecto.

Los servicios de agua serán mejor sustentados, desarrollados y utilizados por las comunidades cuando se den las siguientes condiciones.

- Si las instituciones y las políticas adoptadas posibilitan el participar en el servicio desde el comienzo.
- Si se toman decisiones informadas acerca del tipo de gestión del servicio y los sistemas de financiamiento.
- Si se desarrollan capacidades para mantener y gestionar los servicios de manera tal que las cargas y los beneficios sean compartidos equitativamente.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Por último, la autosostenibilidad de los servicios es producto de un trabajo técnico y administrativo que involucra tanto a operadores como a la comunidad. Por ello, *deben darse las condiciones adecuadas para que los operadores adopten y potencien habilidades y capacidades técnicas, administrativas y de gestión empresarial de los servicios rurales.*

7.2 ANTECEDENTES.

Para entender a cabalidad el ámbito social motivo del presente capítulo, se presentan a continuación los principales antecedentes relacionados con los objetivos del estudio, de acuerdo al siguiente análisis.

Como se ha señalado en el capítulo 2 del presente Informe, el Ministerio de Salud, a través de la Oficina de Saneamiento Rural, dio inicio en 1964 al Programa de Agua Potable Rural como respuesta a los graves problemas sanitarios y al déficit de abastecimiento de agua potable existente en localidades rurales.

Dicho Programa tuvo como objetivos dotar de agua a población beneficiaria en condiciones de calidad y cantidad aceptables, disminuir la mortalidad y morbilidad provocadas por enfermedades de origen hídrico, mejorar los hábitos y actitudes de la población rural con respecto al agua potable y promover el desarrollo económico y social de las comunidades a través del mejoramiento de las condiciones sanitarias.

Un aspecto importante a considerar, es que la administración, operación y mantenimiento de los servicios construidos se entregó a la comunidad desde el inicio del Programa. En una primera etapa se posibilitó la creación de Cooperativas en las provincias del centro del país, abarcando más de 200 localidades cuya población fluctuaba entre 200 y 1000 habitantes. A partir de 1977, a solicitud del BID –organismo que otorgó financiamiento al programa– se propició la creación de Comités dependientes de las Juntas de Vecinos y Organizaciones Comunitarias, tomando en consideración que eran organizaciones menos complejas –en su formación y funcionamiento– que las Cooperativas.

El Programa de Agua Potable Rural se financia a través de los Fondos de Inversión Sectorial de Asignación Regional (ISAR), que se asignan anualmente a la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.

Por mandato de la Ley de Presupuestos, cada año el Ministerio de Obras Públicas debe comunicar a cada Gobierno Regional, el listado de los proyectos posibles de ejecutarse y el monto dispuesto para la Región, con el objeto de que dichos proyectos sean priorizados.



**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

KRISTAL
Ingeniería Ambiental

Por su parte, la Subsecretaría de Desarrollo Regional, SUBDERE, destina anualmente un presupuesto para materializar obras de agua potable rural –asociadas al programa Mejoramiento de Barrios– ; cuyos fondos son canalizados a los respectivos Gobiernos Regionales.

El financiamiento estatal incluye además de la ejecución de proyectos, Asesoría Técnica, y Administrativa.

En cuanto a la Operación y Mantenimiento de los servicios, se financia por medio del cobro de tarifas a los usuarios, cuyo monto es fijado por las organizaciones comunitarias operadoras de los servicios.

La experiencia a lo largo del país permita apreciar que diversos proyectos de infraestructura como electricidad y agua potable, en algún momento fueron administrados por municipalidades (sea a través del alcalde o de la corporación municipal). En su mayoría, dichos proyectos no operaron en forma eficiente, debido entre otras razones a la falta de la capacidad técnica para operar adecuadamente los sistemas y a que los recursos económicos municipales, sobre todo de comunas rurales, no resultaron suficientes para asumir tal responsabilidad, más aún cuando se trata de proyectos no rentables. Por su parte, las empresas concesionarias son poco proclives a gestionar servicios de APR dada su escasa rentabilidad. Así entonces, la gestión de los servicios de Agua Potable Rural ha sido históricamente llevada a cabo mayoritariamente por Comités y Cooperativas. El costo operacional de los servicios de APR, incluyendo mantención pero no reinversiones mayores, se ha financiado hasta el presente, con las tarifas cobradas a los usuarios (establecidas por los propios usuarios), organizados en los Comités o Cooperativas de Agua Potable.

7.3 SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL.

7.3.1 NÚMERO DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL

El número de servicios de Agua Potable Rural existentes a Diciembre de 2005, asciende a 1.432, 149 de las cuales son de carácter peri urbano.

Diferenciándolos en función del número de arranques, se tiene lo siguiente.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 7.24

Distribución de los servicios de APR según Número de Arranques¹⁰

Número Arranques	% Servicios APR
1 a 250	76 %
251 a 499	16,5%
Mayor a 500	7,5%
Total	100%

A partir del cuadro anterior, se puede concluir que de acuerdo al número de arranques, el 76% de los Servicios de Agua Potable Rural, pueden ser tipificados como servicios pequeños, de poca capacidad; en tanto que una pequeña proporción equivalente tan sólo al 7,5% puede ser tipificada como servicio de mayor capacidad.

Por otro lado, la distribución regional de los Servicios APR según el número de Arranques puede resumirse del siguiente modo.

CUADRO N° 7.25

Distribución Regional Servicios APR's según N° Arranques

Región	Arranques			Total servicios
	Menos250	251 a 499	500 o más	
I	27	1	0	28
II	3	1	1	5
III	28	2	0	30
IV	124	24	7	155
V	105	26	10	141
VI	123	49	22	194
VII	195	51	15	261
VIII	126	21	13	160
IX	138	8	8	154
X	138	23	10	171
XI	25	3	1	29
XII	3	2	0	5
RM	53	25	21	99
Total	1088	236	108	1432

¹⁰ Fuente: MOP



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Analizando el cuadro anterior, se puede apreciar que los APR tipificados como pequeños tienen presencia en todas las regiones del país, concentrándose entre la IV y la X región. De igual modo, los sistemas tipificados como medianos y grandes, también encuentran presencia mayoritaria en las mismas regiones. Cabe destacar que los sistemas grandes no se encuentran presentes en la I, III y XII regiones.

Por otro lado, desde el punto de vista organizacional, existen a nivel nacional 1187 Comités que operan servicios de Agua Potable Rural en 255 comunas, con presencia en todas las regiones del país.

De igual modo, el total de 147 cooperativas inscritas, (de las cuales 124 se encuentran operando sistemas APR) en 77 comunas pertenecientes a la IV, V, VI, VII, VIII y XIII regiones, obedece al siguiente detalle.

CUADRO N° 7.26
Cooperativas de APR.

Región	N° Cooperativas Inscritas	N° Socios
IV	4	777
V	35	13143
VI	36	14014
VII	36	11546
VIII	24	6657
RM	12	7006
Total	147	53.143

Fuente: Dpto. Cooperativas. Min. Economía. Octubre 2004.

Si bien las Cooperativas representan tan sólo el 10,26 % del número de Servicios, un socio representa un arranque domiciliario, por lo que esta modalidad abarca el 20% del total de arranques domiciliarios de Agua Potable Rural.

En conjunto, los Comités y Cooperativas gestionan un total de 1.432 servicios de Agua Potable Rural, atendiendo a una población de 1.435.391 con 294.483 arranques domiciliarios.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Por otro lado, es relevante señalar que existen Comités y Cooperativas, que han postulado y obtenido licitaciones para la concesión de servicios de agua potable, entre las que cabe citar.

- Cooperativa Maule, VII Región;
- Cooperativa Sagrada Familia, VII Región;
- Cooperativa Sarmiento, VII Región;
- Cooperativa Yungay Gultro – Los Lirios VI Región;
- Comité Labranza, IX Región;
- Cooperativa Teodoro Shmidt, IX Región;
- Cooperativa los Maitenes, V Región;
- Comité Las Canteras; Cooperativa Champa – Hospital;
- Comité Niebla- Los Molinos, X Región.

Ello merece atención, primero, porque demuestra sostenibilidad y capacidad de determinadas Cooperativas para ser Concesionarias y, segundo, porque evidencia las transformaciones del sector rural en lo que dice relación con el uso de los suelos y los consecuentes movimientos migratorios.

7.3.2 NATURALEZA JURÍDICA DE LAS ORGANIZACIONES OPERADORAS DE SERVICIOS DE APR

7.3.2.1 COMITÉS DE AGUA POTABLE RURAL.

Los Comités de Agua Potable Rural (APR), son organizaciones comunitarias que se rigen por la Ley de Juntas de Vecinos y demás Organización Comunitarias¹¹.

Los Comités no persiguen fines de lucro, gozan de personalidad jurídica y sus socios ingresan y participan de forma voluntaria, personal e indelegable, por lo cual nadie puede ser obligado a pertenecer a ella ni impedido de retirarse de la misma. Los Comités no podrán negar el ingreso a su organización a las personas que lo requieran y cumplan con los requisitos legales y estatuarios. Asimismo, los estatutos no podrán contener normas que condicionen la incorporación a la aprobación o patrocinio de personas o instituciones.

¹¹ Cuyo texto actualizado se fijó por Decreto N° 58, de 1997, del Ministerio del Interior.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

El objetivo fundamental de un comité de agua potable rural es administrar, operar y mantener el servicio de agua potable en cada localidad donde el Ministerio de Obras Públicas ha construido un servicio. Para su buen funcionamiento, todo Comité cuenta con su Estatuto y un Reglamento, dependiendo legal y administrativamente del Ministerio del Interior, por intermedio de la Municipalidad respectiva.¹²

Exenciones: Están exentos de todas las contribuciones, impuestos y derechos fiscales y municipales, con la excepción de los establecidos en el decreto ley No. 825 de 1974 (IVA).

Gozan de privilegio de pobreza. Pagan rebajados, en el 50% los derechos arancelarios que correspondan a notarios, conservadores y archiveros por actuaciones no incluidas en el privilegio anteriormente citado.

7.3.2.2 COOPERATIVAS.

La Cooperativa de Agua Potable es una asociación autónoma de personas que se reúnen voluntariamente para satisfacer sus necesidades y aspiraciones económicas, sociales y culturales comunes, por medio de una empresa de propiedad conjunta democráticamente gestionada.

El texto refundido de la Ley de Cooperativas en su artículo 73, señala que las cooperativas de abastecimiento y distribución de agua potable se registrarán, en lo que fuere aplicable, por las disposiciones de las leyes especiales que regulan esta actividad

En lo referido al tipo de organización, corresponde al de organizaciones voluntarias, abiertas a todas las personas que requieran utilizar sus servicios sin discriminaciones raciales, políticas, religiosas, sociales o de género y dispuestas a aceptar las responsabilidades de asociarse,.

Se basan en valores de autoayuda, autoresponsabilidad, democracia, igualdad, equidad y solidaridad.

¹² Manual Comité Agua Potable: Depto. Programas Sanitarios, Dirección de Obras Públicas.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Exenciones:

Las Exenciones a que se ven afectas las Cooperativas se encuentran establecidas en la Ley General de Cooperativas. De acuerdo al artículo 49 de dicha Ley, las Cooperativas,, sin perjuicio de exenciones especiales, estarán exentas de

- a) el 50% de todas las contribuciones, impuesto, tasas y demás gravámenes impositivos de hacienda en favor del fisco. Sin embargo están afectas al impuesto al valor agregado (IVA) según decreto Ley 825 de 1974.
- b) De la totalidad de los impuestos contemplados en el Decreto Ley 3.475 de 1980 que gravan los actos jurídicos, convenciones y demás actuaciones que señala, en todos los actos relativos a su constitución, registro, funcionamiento interno y actuaciones judiciales (impuesto de timbres y estampillas).
- c) del 50% de todas las contribuciones, derechos, impuestos y patentes municipales, salvo los que se refieren a la elaboración o expendio de bebidas alcohólicas y tabaco.

7.3.2.3 MICROEMPRESA PRIVADA.

De acuerdo al INE, una microempresa es aquella cuyas ventas anuales están entre 1 y 2.400 UF

Cuando el capital es aportado por particulares, se trata de empresa privada, constituida en general por 1 a 6 integrantes.

Las empresas privadas asumen todos los riesgos inherentes a una actividad económica y quedan sujetas a las leyes y regulaciones vigentes.

Subsidios:

Las microempresas pueden acceder a subsidios MYPE, modalidad de financiamiento de las acciones de capacitación destinadas a los trabajadores, administradores o gerentes de pequeñas unidades productivas. Algunos de los aspectos que se consideran en su asignación son:



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Se asigna a aquellas empresas postulantes que comprometan la contratación de uno o más trabajadores por sobre la dotación existente en el mes precedente a la fecha de postulación. Esta contratación deberá ser de tiempo completo.
- Los recursos se asignan entre aquellas empresas postulantes que presenten acciones de capacitación relacionadas con el uso de herramientas y tecnologías de computación e internet.
- Los recursos se asignarán entre aquellas empresas postulantes que presenten acciones de capacitación con un menor valor hora por participantes.

7.3.2.4 EMPRESAS CONCESIONARIAS DE SERVICIOS PÚBLICOS.

Las Empresas Concesionarias de Servicios Públicos son empresas privadas están conformadas por sociedades que solicitando la denominada concesión según sus requerimientos se dedican a la entrega de un servicio público.

A quienes se otorga una Concesión Sanitaria.

Para establecer, construir y explotar servicios públicos sanitarios, las concesiones serán otorgadas a sociedades anónimas que se registrarán por las normas sobre sociedades anónimas abiertas.

Quienes no están sujetos a las normas sobre Concesiones.

Los prestadores de servicios públicos sanitarios que tengan menos de 500 arranques de agua potable y las municipalidades, comités y cooperativas que al año 1989, tenían a su cargo algún servicio público sanitario.

Dicha excepción regirá también para aquellas municipalidades, cooperativas o prestadores con menos de 500 arranques que, a futuro, tomen a su cargo cualquier servicio público sanitario.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Requisitos para obtener la Concesión.

Una vez aceptada la solicitud por parte de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, la solicitante de una concesión deberá presentar un estudio de prefactibilidad técnica y económica, un programa de desarrollo que contenga una descripción técnica general y un cronograma de las obras proyectadas para un horizonte de 15 años, las tarifas propuestas y los aportes considerados, y evidencia de que se han constituidos o comprometidos derechos de aprovechamiento de agua, que aseguren el caudal necesario para los primeros cinco años de operación del servicio público sanitario, pudiendo acreditarse sea que se tiene el dominio de los derechos, o bien, el uso de los mismos sea por arriendo o por comodato.

7.3.3 SITUACIÓN JURÍDICA DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL.

Los Servicios de Agua Potable Rural están definidos como aquellos que se prestan en zonas no urbanas (de acuerdo con el Plano Regulador); no tienen el carácter de servicios públicos sanitarios¹³, por lo que en consecuencia, no se les aplican las normas relativas al régimen de concesiones, como es el caso de otros prestadores de servicios sanitarios¹⁴.

Como servicios particulares, su constitución y fiscalización queda sometida a los respectivos Servicios de Salud del Ambiente, y se rigen para todos los efectos por las normas contempladas en el Código Sanitario.

De igual modo, por su condición de servicios particulares, no se encuentran sujetos a fijación de tarifas, ni se rigen por la Ley de Tarifas que se aplica con los servicios públicos sanitarios.

¹³ Son servicios públicos sanitarios, aquellos servicios de distribución de agua potable y de recolección de aguas servidas que cuentan con redes públicas emplazadas en zonas urbanas, destinadas a cumplir con las exigencias de urbanización establecidas en la Ley General de Construcciones y Urbanismo. Los usuarios están sometidos a un sistema tarifario, cuyo precio por dichos servicios es determinado por la autoridad.

¹⁴ Son sujetos de una concesión sanitaria todos los prestadores de servicios públicos sanitarios, cualquiera sea su naturaleza jurídica, sean de propiedad pública o privada.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En este marco, **las concesiones de servicios de agua potable rural son posibles, solamente cuando ocurre un cambio en el plano regulador y la zona en donde se encuentra ha pasado a constituirse en zona urbana y por ende, sujeta a obligatoriedad de concesión sanitaria.** Tal es la situación de comités y cooperativas que han logrado concesiones en diferentes zonas del país, ubicadas en áreas originalmente rurales, en las cuales se han generado polos de desarrollo que han provocado cambios en los respectivos planos reguladores –por distinto uso del suelo– y hoy son denominadas zonas peri-urbanas.

En el caso de que sea un tercero quién solicite la concesión del territorio atendido por un servicio de agua potable rural, antes que la propia Cooperativa o Comité soliciten la normalización de la concesión ante la Superintendencia, estas entidades *podrán oponerse dentro de los plazos fijados por la Ley, haciendo valer su mejor derecho a tener la concesión sanitaria.*

De acuerdo con lo anterior, una empresa sanitaria de la propia Región o perteneciente a otra Región, incluyendo aquellas sociedades anónimas abiertas que se constituyan como tales para los efectos de solicitar una concesión sanitaria, pueden solicitar se le otorgue la concesión sanitaria para establecer, construir y explotar un servicio público sanitario, destinado a la producción y distribución de agua potable y a la recolección y disposición de aguas servidas, de un servicio rural ubicado en una zona urbana, definida así por el Plano Regulador.

7.4 GESTIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL.

7.4.1 EJEMPLOS DE ORGANIZACIONES COMUNITARIAS OPERADORAS DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL.

En el presente punto, se presentan ejemplos de Organizaciones Comunitarias llevadas a cabo para operar los Servicios de Agua Potable Rural.

a) Comité de Agua Potable Rural La Quinta-El Tránsito.

La localidad de la Quinta se ubica en el Valle de Longaví, de la VII región del Maule. La población actual de la comunidad es de 1400 habitantes, la actividad económica predominante es la agricultura. El sistema APR data de 1997 y la cobertura alcanza al 86%

El esquema organizacional que opera es un Comité creado en 1996, cuyo Directorio está conformado por 5 personas que se reúnen dos veces por mes. No cuentan con plan de trabajo a corto plazo que incluya inversión ni mantenimiento. Una vez al año se cita a asamblea general de socios para presentar estado financiero de resultados.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

El servicio se financia con ingresos provenientes del consumo de agua potable, aportes de incorporación de nuevos socios, cancelación de multas, cortes y reposición.

Los ingresos provenientes de subsidios al consumo representan el 7% de los ingresos totales.

Las Tarifas están definidas por un Cargo Fijo único, no existiendo valor diferenciado para el sobreconsumo.

El Comité no ha necesitado acudir a financiamiento externo para su funcionamiento.

Asimismo, el Comité recibió asesoría técnica y administrativa por parte de la DOH al inicio de la construcción del sistema. En la actualidad reciben apoyo técnico y administrativo de la DOH regional.

b) Comité de Las Canteras.

Se encuentra en una zona periurbana muy cercana a Santiago. El servicio cuenta con **603 arranques domiciliarios** y abastece a 3.808 personas. El Comité es dirigido desde el año 1995 por la Sra. Natalia Sarmiento, la que fue reelegida dos veces por la comunidad para ejercer el cargo. Adicionalmente, es la Presidenta de la Asociación de Servicios de APR de la Región Metropolitana y Presidenta de la Federación de Servicios de todo el País.

c) Comité de Niebla – Los Molinos.

Este Comité se ubica en una zona periurbana de la X región, al sur del país, y desde hace algún tiempo se fusionaron las dos localidades (caletas pesqueras) que lo componen, lo que ha permitido mejorar los ingresos y prorratear los gastos. El servicio tiene **891 arranques** y abastece a una población de 4.970 habitantes, que en el verano se duplica.

Este Comité se ha caracterizado por su excelente gestión a nivel financiero y un constante interés por incorporar a la comunidad en el cuidado de los recursos hídricos. Desde hace diez años se viene preocupando por mejorar y proteger la micro cuenca desde dónde se abastecen de agua (Estero La Guairona).

A la fecha, han reforestado más de 6 hectáreas de bosques nativos con la colaboración de toda la comunidad, lo que ha implicado plantar más de 15.000 árboles. La Presidenta de este servicio es la Sra. Leticia Hernández, líder indiscutida en su provincia.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

El Comité de Las Canteras y el Comité de Niebla – Los Molinos tienen como factor común el ubicarse en zonas que limitan con territorios en los que operan grandes transnacionales que tienen concesiones sanitarias. Hoy en día se encuentran en pleno proceso de transformación de Comité a Cooperativa y preparando estudios tarifarios, proyectos de desarrollo a un horizonte de veinte años, realizando la capitalización necesaria para poder cubrir las boletas de garantías y efectuando los proyectos de ingeniería necesarios para transformar la prestación de sus servicios a estándares urbanos, como ya lo hizo por ejemplo hace 2 años la Cooperativa Sagrada Familia de la VII Región, que fue uno de los primeros servicios en ganar una concesión sanitaria, compitiendo con una Empresa.

d) Cooperativa de Agua Potable Hospital Champa Ltda.

Esta Cooperativa es producto de la fusión efectuada en el año 2000 entre las Cooperativas Francisco de Villagra Ltda y Champa Ltda, creadas el año 1968 bajo el Programa BID.

Es una entidad sin fines de lucro, en la que participan un total **1.500 socios** de las localidades rurales de Hospital y Champa, de la Comuna de Paine, Región Metropolitana, contando con aproximadamente 8.000 habitantes.

La comunidad de Hospital y Champa participa en algunas actividades comunitarias, teniendo las Junta de Vecinos u otras entidades comunitarias muy poco quórum en general.

La zona es una localidad tranquila para vivir, con acceso a la capital por medio de la Autopista Central y Metrotren, lo que permite a los habitantes estar en Santiago en 45 minutos. El centro financiero se da más en Buin que Paine, dada la poca locomoción colectiva que hay ese lugar, pese a estar la Municipalidad.

El actual Gerente de la Cooperativa (Sr. Jemimah Santander T) señala que para llevar adelante la gestión de la Cooperativa cuenta con un equipo de Recursos Humanos de 7 empleados, distribuidos de la siguiente manera.

- Área Administración: 1 Secretaria, 2 Cajeros.
- Área Operación: 1 Supervisor, 3 Operadores
- Gestión: Esta labor es desarrollada conjuntamente entre el Directorio y la Junta de Vigilancia, estamentos que se supeditan a la Junta General de Socios. El Directorio se componen de 7 miembros electos 4 por 6 años y los restantes por 3 pudiendo ser reelectos.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

La gestión económica la define como rústica, es decir, del día a día y priorizando lo indispensable, enfatizando que no se transa con la Cloración, Energía Eléctrica y Sueldos en la programación de gastos.

La Tarifa es mínima, cubriendo los gastos mínimos de operación y permitiendo generar un pequeño ahorro. El cálculo de la tarifa en sus primeros años estaba efectuado por la Unidad Técnica, pero era siempre modificada por considerarse demasiado alta. Actualmente se efectúa un reajuste en proporción a los resultados económicos del período anterior y en base a los indicadores financieros del mercado.

La fusión de la Cooperativa buscó optimizar los recursos para una nueva captación de agua potable que satisficiera las listas de espera que tenían las Cooperativas de cada sector. La fusión significó un hito, siendo la primera experiencia en Cooperativa de este tipo con características similares y con una cercanía geográfica muy grande, puesto que las redes se enfrentaban.

Respecto de los socios, la fusión fue difícil desde la configuración del Directorio hasta la poca asesoría por parte del Unidad de Agua Potable Rural, pero al final se lograron buenos resultados en términos de Gestión, entre los que destacan.

- a. Las listas de espera de ambas localidades fueran atendidas
- b. No hubieron despidos.
- c. Los beneficios de una u otra Cooperativa se extendieron a todos.
- d. Calidad y continuidad en el Servicio de agua potable.
- e. Reducción de Costos
- f. Mejor atención del sector.

Adicionalmente, se creció como Empresa, logrando aunar criterios en el Directorio e integrar a las localidades.

Producto de la experiencia obtenida, la Gerencia establece que el modelo más conveniente para la entidad Cooperativa es aquel en el que se conjugan las variables económicas necesarias para hacer funcionar el sistema en forma rentable y se privilegia el sentido social de la comunidad que se ve beneficiada por el servicio de agua potable.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

e) Ilustre Municipalidad de Pichidegua y su Cooperativa.

La comuna de Pichidegua y su Cooperativa, mantienen una constante coordinación para mejorar la gestión de los sistemas de Agua Potable Rural en la Comuna.

La visita realizada a la alcaldesa de la comuna de Pichidegua, dio cuenta que la Ilustre Municipalidad apoya las iniciativas de las Cooperativas y Comités que forman parte de su territorio operacional.

La Gerencia de la Cooperativa, plantea que las principales dificultades se centran en la administración del Tratamiento y Disposición de las Aguas Servidas, debido a que no existe una conciencia y cultura de la comunidad con respecto a la importancia y necesidad de este servicio. Estas dificultades han sido superadas con la mejora de la gestión de la misma a través de capacitación, estudios superiores y en general la profesionalización de la administración de la Cooperativa. Conscientes de la necesidad de crear una conciencia en torno a la necesidad del suministro de Agua Potable, la Cooperativa aplicó la política de no cobrar el suministro de Agua Potable durante los primeros seis meses. La Administración de la Cooperativa generó el concepto de mini negocio (similar al caso de la Municipalidad de La Ligua), en cuanto a la elaboración de tejidos en un importante número de viviendas de la ciudad.

Con ocasión de la entrega de la infraestructura de aguas servidas destinadas a servir a la población de la Cooperativa de Agua Potable Rural, y en virtud a que la I. Municipalidad siempre consideró que no le correspondía hacerse cargo de la misma, la corporación edilicia generó una serie de mecanismos tendientes a que la Cooperativa pudiera administrar en conjunto los sistemas de agua potable y de aguas servidas. Entre otras, destaca, que en el convenio de traspaso de la infraestructura de aguas servidas se incluyó un artículo mediante el cual se explicita, que frente a una catástrofe, sería el Municipio quien respondería con la reposición de la infraestructura. Como contrapartida el Municipio tomó un seguro por la infraestructura de los APR.

Los estudios y planes de desarrollo requeridos para la Cooperativa, se ejecutan a través del Municipio y no a través del MOP.

f) Otros Ejemplos.

En el anexo 5.1 se muestran otros casos calificados como ejemplares por los profesionales del Departamento de Programas Sanitarios del Ministerio de Obras Públicas.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

7.4.2 CAPACIDAD DE GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LOS APR.

Tanto las entrevistas realizadas como la evaluación de la información disponible¹⁵, permite constatar la satisfacción de los usuarios de APR en cuanto a calidad y continuidad del servicio otorgado.

- **Calidad del Servicio.**

En lo referido a la Calidad del Servicio, las cifras señalan que el 84% de los servicios de APR a nivel nacional cumplen con la Norma de realizar control diario del agua, estando el porcentaje restante constituido por servicios tipificados como pequeños (menos de 25 arranques domiciliarios).

En lo que dice relación con el control y análisis del cloro residual en el agua, el 87% de los servicios presenta resultados dentro de la Norma. En términos de Calidad Bacteriológica, el 82% de los sistemas lo realiza y en el 83% de los mismos la calidad de las aguas no muestra presencia de Coliformes.

- **Continuidad del Servicio.**

En lo que se refiere a la continuidad del servicio, el 89% de los APR presenta entrega continua del servicio (24 horas del día).

- **Tiempo de Reparación del Servicio.**

En cuanto al tiempo de reparación del Servicio, en el 71% de los APR's dura menos de un día, en el 16% entre 2 y 5 días y en un 9% ha durado más de seis días.

¹⁵(6). MOP.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **Planificación**

La experiencia indica que la capacidad de Organización y Planificación de las Cooperativas y Comités para desarrollar planes de trabajo de acuerdo a metas y objetivos y responder a las necesidades de la comunidad, presenta los siguientes antecedentes.

- El 44% cuenta con un Plan de Mantenimiento de los servicios.
- El 34% cuenta con un plan anual de actividades
- El 36% cuenta con implementación de planes de inversiones.
- El 38% ha gestionado recursos de inversión para la ampliación o mejora de las instalaciones.
- El 23% está en condiciones de gestionar préstamos en instituciones financieras para ampliar o reparar el servicio.

○ **Tarifas**

En lo que dice relación a las tarifas del servicio, se dispone de información muy general. Dicha información señala las dificultades de las organizaciones de fijar tarifas para el consumo que contemplen en sus costos la reparación, mantención y ampliación de los servicios.

○ **Corte de suministro por morosidad**

En relación a la implementación de medidas por no pago o morosidad en él, los servicios implementan el corte de suministro, la información disponible, según tamaño de servicio, señala que:

- Servicios hasta 250 arranques: el 63,1% implementa la medida de cortar de suministro de agua potable si el usuario entra en mora por más de 60 días.
- Servicios de 251 a 499 arranques: el 70,6% corta el suministro por morosidad.
- Servicios de 500 arranques y más: el 78,8% efectúa cortes de suministro por morosidad.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

○ **Cobro Adicional por Corte y Rehabilitación del Servicio.**

El porcentaje que realiza cobro adicional por concepto de corte y rehabilitación del servicio depende del tamaño del servicio, de acuerdo al siguiente detalle.

•Servicios hasta 250 arranques	71% realiza cobro adicional
•Servicios de 251 a 499 arranques	82,7% realiza cobro adicional
•Servicios de 500 arranques o más	87,5% realiza cobro adicional

7.4.2.1 DEBILIDADES Y FORTALEZAS DE LAS ORGANIZACIONES OPERADORAS DE SERVICIOS DE APR

Entre las debilidades de las organizaciones comunitarias operadoras de servicios de APR, especialmente de las pequeñas, se pueden mencionar las siguientes.

- Falta de elemento profesional.
- Carencia en materia de sistemas administrativos adecuados
- Falta de sistemas de control de gestión interna
- Falta de Planificación de la gestión anual
- Dificultades para el cálculo adecuado de la tarifa.
- Ausencia de fondos de reposición y mantención de la infraestructura
- dirigentes sin Capacitación y con escasos años de escolaridad
- Desconocimiento de Estatutos y Normas Legales que rigen a los APR.

Entre las fortalezas de las organizaciones se pueden mencionar las siguientes.

- Satisfacción del usuario en lo relativo a calidad y continuidad del servicio
- Presencia en todas las regiones del país
- Relaciones con redes sociales locales
- Experiencia adquirida en operación de sistemas de APR.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Adicionalmente, las fortalezas de modelos de Cooperativas de servicios de Agua Potable Rural, radican fundamentalmente en los siguientes aspectos.

- Administración con enfoque de micro y mediana Empresa
- Beneficios tributarios en pago de Impuestos
- Acceso a franquicias tributarias para capacitación
- Acceso a créditos de la banca privada (Cooperativas de Ahorro y Crédito)
- Existencia de un organismo fiscalizador (Departamento de Cooperativas del Ministerio de Economía)
- Reconocimiento como prestadoras de servicios sanitarios.

7.4.2.2 DESAFÍOS ENFRENTADOS POR COMITÉS Y COOPERATIVAS QUE OBTUVIERON CONCESIONES.

Los Comités y Cooperativas a cargo de Concesiones de Servicios Sanitarios se vieron enfrentados al desafío de transformar su gestión enfocada inicialmente a cubrir sus gastos de operación hacia una gestión centrada en la eficiencia.

Para ello, debieron realizar estudios tarifarios que permitieran incluir costos reales de operación y mantención y contratar profesionales del ámbito de la administración e ingeniería sanitaria en función de las necesidades y posibilidades de cada sistema. En este punto es relevante resaltar la gran cantidad de mujeres que han asumido roles protagónicos en la administración y gestión de éstos sistemas, lo cual queda corroborado en el hecho de que los porcentajes de participación de mujeres en estos servicios aumenta a un 41% de mujeres dirigentas (7% más que el promedio nacional).

7.4.2.3 VISIÓN DE LAS ORGANIZACIONES OPERADORAS DE SERVICIOS DE APR.

En relación a la situación de los APR, la Federación Gremial Nacional de Asociaciones Gremiales de APR, plantea la relevante necesidad de legislar sobre el Agua Potable Rural y Alcantarillado, debido entre otras a las siguientes razones.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Existe un marco regulatorio para los APR (Ley N° 19.418 de Juntas de Vecinos), el que no satisface las necesidades mínimas de los APR, toda vez que es aplicable en general a toda y cualquier agrupación Comunal sin fines de lucro.
- Por el carácter social del proyecto, se atiende a casi dos millones de habitantes.
- Es necesario atender las necesidades propias del sector (producción y distribución de agua potable para el consumo humano y recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas), para lo cual se requiere un Marco Regulatorio.
- Es necesario regular la administración, procesos productivos, financieros, administrativos y cautelar el carácter social del proyecto, para lo cual se requiere una Ley específica para tales efectos.
- Se debe propender a la autosustentabilidad constituyendo Micro-Sanitarias rentables, que puedan generar ingresos para reinvertir en los servicios, sin descuidar el carácter social del proyecto.

7.4.2.4 VISIÓN DE INSTITUCIONES ENTREVISTADAS.

En entrevistas realizadas a expertos de instituciones involucradas en el sector de agua potable y saneamiento se mencionaron los siguientes aspectos destacables.

- La falta de institucionalidad complica el desarrollo de Inversiones eficientes.
- La ausencia de un Marco Regulatorio no permite la determinación adecuada de tarifas.
- La falta de Asesoría Técnica constituye un problema evidente, debiendo considerarse institucionalmente el seguimiento y apoyo permanente,
- No existen atributos legales que permitan exigir organizaciones específicas..
- Existe la necesidad de regular el tema de los Condominios.
- La gestión financiera es más eficiente y opera de forma más adecuada a través de Cooperativas. Los Comités son organizaciones comunitarias y su gestión tiene ese carácter, lo que genera falta de visión empresarial.
- No existe capacidad técnica para asumir responsabilidades administrativas y operar el sistema de recolección y tratamiento de aguas servidas.
- Se debe mejorar la gestión de los servicios para poder alcanzar la autosustentabilidad de los servicios,



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

7.5 ASPECTOS RELEVANTES A CONSIDERAR EN EL ÁMBITO SOCIAL.

A la luz de lo detallado anteriormente, los aspectos relevantes a considerar en el ámbito social pueden resumirse del siguiente modo.

- Falta soporte y apoyo técnico permanente para la mantención de la infraestructura, lo que se traduce actualmente en una falta de capacitación de los operadores para poder dar solución a problemas mayores relacionados con la operación y mantención de los Equipos electromecánicos de los sistemas de tratamiento.

Adicionalmente, se debe considerar el apoyo que este tipo de servicios requiere en relación a la gestión administrativa y financiera del servicio, especialmente en lo referido a estructurar tarifas que contemplen aspectos como la reposición o reemplazo de infraestructura y las ampliaciones que el servicio necesariamente experimentará en su vida útil.

- Se debe estructurar y completar un marco legal y regulatorio que incorpore conceptos como “áreas de concesión” – “tarifas eficientes” – “obligaciones y deberes del administrador”, etcétera.

Dichos conceptos se encuentran incorporados hoy en día a la gestión de las grandes empresas a través del marco legal que las rige.

No obstante, no se trata de traspasar cabalmente la totalidad de los conceptos presentes en la gestión de las concesionarias, sino más bien en detectar los aspectos más relevantes y adecuarlos a la realidad del mundo rural, especialmente aquellos que constituyen un aporte a la gestión de los APR.

- Se debe considerar el apoyo y respaldo técnico – financiero en virtud del grado de aislamiento que el servicio tenga.

El apoyo técnico y la mantención preventiva y correctiva de los equipos resulta de vital importancia en casos de aislamiento donde el centro poblado más próximo se encuentra muy retirado y con difícil acceso.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Se debe considerar ponderadamente la calificación técnica de un operador de Agua Potable Rural con respecto a la de un operador a cargo de un sistema de Alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

En el primer caso, aun cuando los equipos presentes en algunos casos requieren un conocimiento experto para la adecuada mantención y reparación de estos, la calificación del operador no requiere un conocimiento mayor de ciertos procesos.

No ocurre lo mismo al evaluar el conocimiento requerido para el tratamiento de las aguas servidas, donde la inexperiencia de un operador puede ocasionar el colapso del sistema de tratamiento o al menos el deterioro de la calidad del efluente, el que de estar sujeto a la normativa vigente, puede generar procesos de multa por incumplimiento de tratamiento.

Un aspecto que obedece a una tendencia actual a nivel de las concesionarias y que vale la pena considerar como forma de apoyo a los servicios rurales, particularmente en el caso del Tratamiento de las aguas servidas, lo constituye la externalización de las labores de apoyo y mantenimiento de los servicios.

Esta modalidad puede llevar al empleo de mano de obra local con capacitación adecuada y supervisión por parte de un ente externo.

En la medida que se agrupe un conjunto de servicios que involucren una población total atractiva, este escenario se tornará más conveniente para un operador externo. Ello es válido también para Comités o Cooperativas que operan otros servicios de Agua Potable Rural de la región o fuera de ella.

- La información base del análisis corresponde a servicios de Agua Potable Rural ubicados en localidades rurales concentradas o semiconcentradas. Al respecto, se debe destacar que son los servicios de menor tamaño (hasta 250 arranques domiciliarios) los que presentan menores niveles de gestión, y que el Déficit actual de soluciones dice relación precisamente con escenarios del tipo Disperso, lo cual hace prever que se enfrentarán los mismos o mayores riesgos en la gestión de los servicios.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

•Desde la perspectiva del tipo de organización requerida para la operación y mantenimiento de los sistemas, se puede establecer razonablemente, que se debe tender a la utilización del tipo de organizaciones existentes en el ámbito rural.

Si se consideran los Comités y Cooperativas como organizaciones ligadas a la comunidad con casi 40 años de experiencia, la Cooperativa aparece en principio como un tipo de organización más idónea en términos de estructura organizacional. Adicionalmente, la reforma a la Ley de Cooperativas posibilitará definir el ser institución con o sin fines de lucro y abrirá también la posibilidad de que los Comités de APR se constituyan en Cooperativas, facilitando y agilizando los trámites para la obtención de esta personalidad jurídica.

•La gestión de los servicios a implementar puede mejorar significativamente si se adoptan medidas simples y básicas como las siguientes.

- Desarrollar una campaña adecuada de información y divulgación hacia la comunidad.
- Crear conciencia en la población en torno a los beneficios y costos del desarrollo sanitario de la localidad
- Hacer participar a la comunidad y organizaciones sociales existentes en las decisiones y modo de implementar las soluciones.
- Generar comunicación interactiva con las organizaciones operadoras de servicios existentes –están presentes en todas las regiones del país– de modo que aporten su experiencia.
- Generar instancias de Capacitación Técnica y de Gestión.

Finalmente, cabe destacar que en los puntos detallados anteriormente adquiere particular relevancia el papel del Municipio, el que se constituye en instancia de coordinación de los servicios públicos cuando desarrollan su labor en el territorio comunal, oficiando de instancia articuladora de los planes de desarrollo comunal¹⁶.

¹⁶ El municipio tiene como finalidad el satisfacer las necesidades de la comunidad local y asegurar su participación en el progreso económico, social y cultural de la comuna. Sus actividades deben estar orientadas, en el caso de los proyectos a actividades tales como la Elaboración de Programas y Proyectos específicos para el desarrollo comunal, que permitan postular a la asignación de recursos regionales, sectoriales y otros, Apoyar técnicamente a las organizaciones comunales (tanto urbanas como rurales) en la postulación a proyectos de carácter participativo, o a la obtención de beneficios individuales y colectivos tales como pavimentos participativos, agua potable, electrificación rural, vivienda, regularización de títulos de dominio, mejoramiento de caminos rurales, etcétera, Diseñar, implementar y mantener archivos de los planes, programas y proyectos elaborados por esta comunidad; Preparar y actualizar el banco de proyectos para los requerimientos necesarios, de acuerdo a las áreas de intervención comunal y recursos existentes; Apoyar y asesorar técnicamente en la elaboración de proyectos a otras unidades municipales, etc..



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

8 DETERMINACIÓN DE TARIFA MÍNIMA PARA AGUA POTABLE Y AGUAS SERVIDAS

8.1 INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, los Servicios Rurales de Agua Potable corresponden a una prestación de servicios particulares y no de un servicio público, por lo cual no están sujetos a fijación tarifaria ni se rigen por la Ley de Tarifas que se aplica a los servicios públicos sanitarios.

Por otro lado, un objetivo básico de las Cooperativas y Comités a cargo de la gestión del Saneamiento (APR y Saneamiento) lo constituye el financiamiento de los Costos de Operación y capitalización para Reposiciones, lo que se debe efectuar a través del pago de la Tarifa por parte de los usuarios. Las visitas a terreno realizadas a Servicios de APR representativos, han permitido constatar que los usuarios son reacios al pago de tarifas por concepto de Saneamiento, ya que no perciben los beneficios directos de contar con la disposición y tratamiento de las aguas servidas.

Para considerar la sustentabilidad técnica operativa del sistema, el precio a pagar (Tarifa) debería financiar los costos de administración, mantenimiento y de operación del sistema, y permitir un fondo de financiamiento para la adecuada reposición de equipos.

En el presente capítulo se efectúa una estimación de la Tarifa Promedio Mínima que deberá pagar cada vivienda por los servicios de Agua potable y Saneamiento para cada caso definido en el capítulo 5 del presente Informe. Es importante destacar que las estimaciones realizadas en este capítulo son a nivel promedio y que tienen por objetivo poder contar con un rango de precios a pagar más que por un costo exacto.

Se debe destacar que los 6 casos definidos en el Capítulo 5 son representaciones de condiciones medias, y que la Tarifa que de ella se genere es referencial, pudiendo tener variaciones en las obras y dimensiones de los sistemas debido a las características específicas de cada caso en particular (precios unitarios de energía eléctrica, adquisición y transporte de los productos químicos u otros en la zona geográfica, calidad del agua, cantidad de arranques etc.) En virtud a lo anterior, la Tarifa Referencial deberá ser validada o modificada en forma particular y específica, en analogía a lo que ocurre con la Ley de Tarifas.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En el análisis que sigue a continuación se considera que entre 1 a 12 viviendas las soluciones son individuales, debido a que el MOP no ha invertido en soluciones que abordan a menos de esta cantidad (12 Viv/Km). Se ha considerado para los objetivos de este estudio, que es razonable pensar que cuando hay 15 viviendas los sistemas tengan costos de administración y de personal adecuado para manejar las plantas respectivas.

8.2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO AP Y AS

En el presente punto, se efectuará una estimación promedio de la tarifa mínima de los servicios sanitarios de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Servidas para cada uno de los 6 casos definidos en el Capítulo 5 y desagregados por los siguientes tres niveles de demanda:

- Solución Concentrada Tamaño medio de 100 Viviendas
- Solución Semiconcentrada Tamaño medio de 15 Viviendas
- Solución Dispersa (Individual) 1 Vivienda

La tarifa tendrá por objetivo cubrir los costos que implica administrar, operar, mantener, y reponer los sistemas de Agua Potable Rural y Saneamiento y su determinación metodológica lleva asociados los siguientes pasos.

1.- Cálculo del Costo Promedio Anual de los siguientes ítems.

- Costos de Administración.
- Costos de Operación.
 - Consumo de Energía Eléctrica.
 - Consumo de Productos Químicos.
 - Remuneración de personal
- Costos de Mantenimiento
- Costos de Mejoramiento.

2.- Teniendo en consideración los costos, se calculan los gastos promedio mensuales.

3.- La tarifa mínima Mensual se determinará considerando los Costos Mensuales Totales y un Fondo de Reposición.

- Costos Mensuales Totales (CMenT) 100 %
- Fondos de Reposición (FRep) 25% CMenT



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Tarifa Mínima Mensual

CMenT + FRep



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

4.- La Tarifa mínima del m³ se determinará considerando la cantidad de arranques conectados y un consumo mínimo por arranque de 10 m³ para el caso del AP y 8 m³ para el caso de AS.

8.3 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AGUA POTABLE RURAL (AP).

8.3.1 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AP CASOS 1 Y 2

En el presente punto se calcula la tarifa mínima para los Casos 1 y 2 definidos en el capítulo 5 del estudio, desagregados en 100, 15 y 1 vivienda, cuyos resultados arrojan los siguientes costos.

CUADRO N° 8.27

Resumen de Costos Anuales para los Casos 1 y 2

Resumen de Costos Anuales	Casos 1 y 2		
	100 Viv	15 Viv	1 Viv
Costos de Administración	375.000	220.000	0
Costos de Operación	3.062.606	923.063	27.276
Costos de Mantenimiento	435.000	100.000	25.000
Costos de Mejoramiento	100.000	0	0
Total Costos Anuales	3.972.606	1.243.063	52.276
Total Costos Mensuales	331.051	103.589	4.356

Los valores mostrados en el cuadro anterior, permiten apreciar que uno de los costos más significativos lo constituye el Costo de Operación, cuyo valor Anual varía entre \$ 3.062.606 para 100 viviendas y \$ 27.276 para 1 vivienda.

A objeto de visualizar de mejor manera las implicancias de cada ítem en el Costo Total, en el siguiente gráfico se muestra la distribución porcentual de los costos parciales para cada escenario.

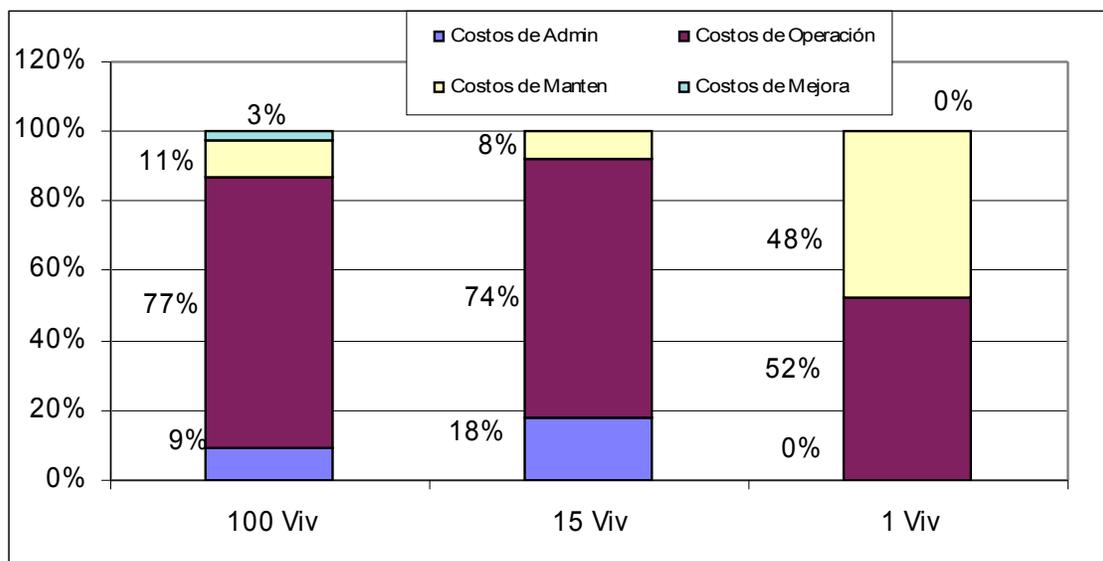


KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

GRAFICO N° 8.3

Distribución Porcentual de los Costos Parciales para cada Escenario



Analizando el gráfico, se puede apreciar que el Costo de Operación varía entre un 77% del Costo Total para el caso de 100 viviendas y un 52% para el caso de una solución individual.

Dada la importancia de los costos de Operación, se decidió desagregarlo para el escenario de 100 viviendas, a partir de lo cual se visualicen los ítem(s) más relevantes, como puede apreciarse en el siguiente gráfico.

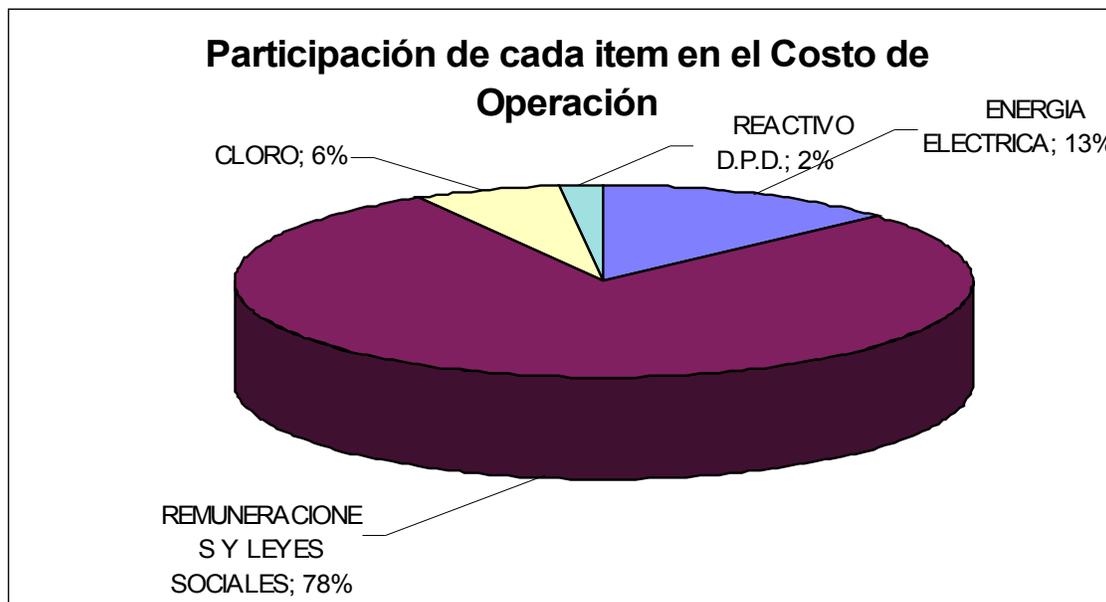


KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

GRAFICO N° 8.4

Desagregación de los Costos de Operación para el Escenario de 100 viviendas



Analizando el gráfico anterior, se puede apreciar que el ítem más importante está constituido por las Remuneraciones, las que tienen un peso relativo del 78% del Costo de Operación, seguido del Costo de la Energía Eléctrica con un 13%.

Por otro lado, considerando los Costos Mensuales Totales detallados anteriormente, la Tarifa Mínima Mensual para los 3 escenarios estará dada por los siguientes valores.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 8.28

Tarifa Mínima Mensual para los tres Escenarios

Tarifa Mínima Mensual 10 (m3)	Casos 1 y 2		
	100 Viv	15 Viv	1 Viv
Costos mensuales totales (75%)	331.051	103.589	4.356
Fondos de Reposición (25%)	110.350	34.530	1.452
Tarifa Mínima Mensual	441.401	138.119	5.808

A la luz de la tabla anterior, se puede concluir que la tarifa mínima mas baja es para 100 viviendas, con un costo unitario de \$ 4.414 por vivienda, en tanto que la solución más cara la constituye la vivienda individual, con un costo de \$ 5.808 por vivienda.

En el siguiente cuadro se muestra el cálculo de la tarifa mínima mensual por m³, para lo cual se asume un consumo promedio de 10 m³ por arranque.

CUADRO N° 8.29

Tarifa Mínima Mensual por m3

Tarifa Mínima Mensual por m3	Casos 1 y 2		
	100 Viv.	15 Viv	1 Viv
Tarifa Mínima Mes 10 m3	441.401	138.119	5.808
N° de Arranques	100	15	1
Tarifa Mínima por arranque	4.410	9.208	5.808
Consumo Mínimo por Arranque (m3)	10	10	10
Tarifa Mínima por m3 (\$)	441	921	581

A la luz de la tabla anterior, se puede apreciar que la tarifa mínima para 100 viviendas alcanza un valor de 441 \$/m³, para 15 viviendas de 921 \$/m³ y para una vivienda de 581 \$/m³.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

8.3.2 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AP CASOS 3 Y 4

En el presente punto se calcula la tarifa mínima para los Casos 3 y 4 definidos en el capítulo 5 del estudio, desagregado también para 100, 15 y 1 vivienda.

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los Costos Anuales correspondientes.

CUADRO N° 8.30
Resumen de Costos Anuales para los Casos 3 y 4

Resumen de Costos Anuales	Casos 3 y 4		
	100 Viv.	15 Viv	1 Viv
Costos de Administración	375.000	220.000	0
Costos de Operación	2.701.256	709.538	8.001
Costos de Mantenimiento	435.000	100.000	25.000
Costos de Mejoramiento	100.000	0	0
Total Costos Anuales	3.611.256	1.029.538	33.001
Total Costos Mensuales	300.938	85.795	2.750

Los valores mostrados en el cuadro anterior, permiten apreciar que uno de los costos más significativos lo constituye el Costo de Operación, cuyo valor Anual es de \$ 2.701.256 para 100 viviendas y \$ 709.538 para 15 viviendas. Para 1 vivienda, el costo mas importante resulta ser el de Mantenimiento, cuyo valor anual es de \$ 25.000

A objeto de visualizar de mejor manera las implicancias de cada ítem en el Costo Total, en el siguiente gráfico se muestra la distribución porcentual de los costos parciales para cada escenario.

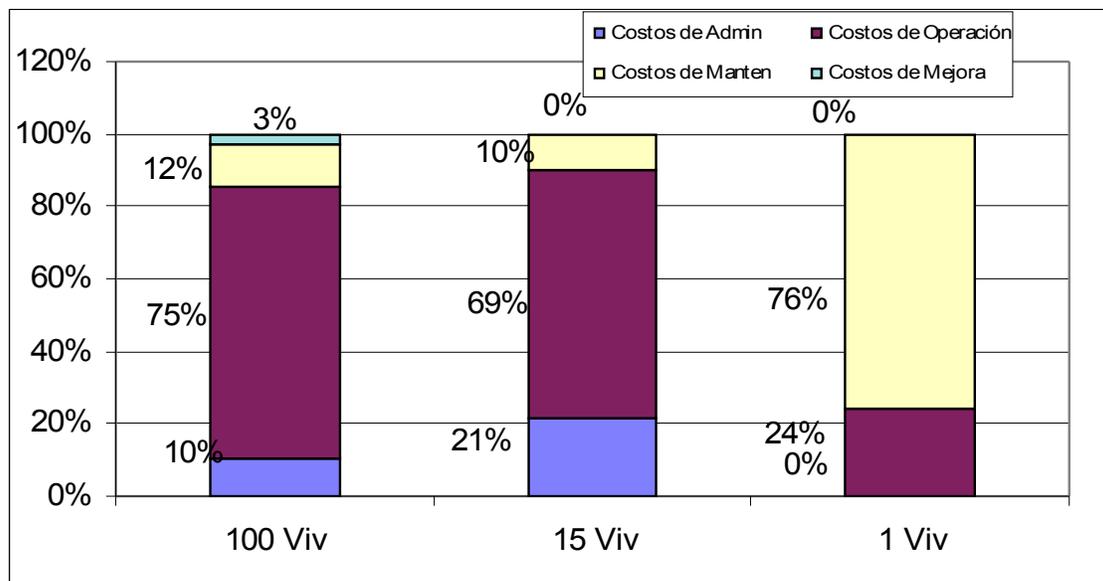


KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

GRAFICO N° 8.5

Distribución Porcentual de los Costos Parciales para cada Escenario



Analizando el gráfico anterior, se puede apreciar que uno de los costos importantes para el caso de 100 viviendas es el de Operación representando el 75% del Costo Total y de un 69% para el caso de 15 viviendas. Sin embargo, para el caso de una vivienda, el costo más relevante es el de mantenimiento con un 76% del Costo Total.

Dada la importancia de los costos de Operación, se decidió desagregarlo para el escenario de 100 viviendas, a partir de lo cual se visualicen los ítem(s) más relevantes, como puede apreciarse en el siguiente gráfico.

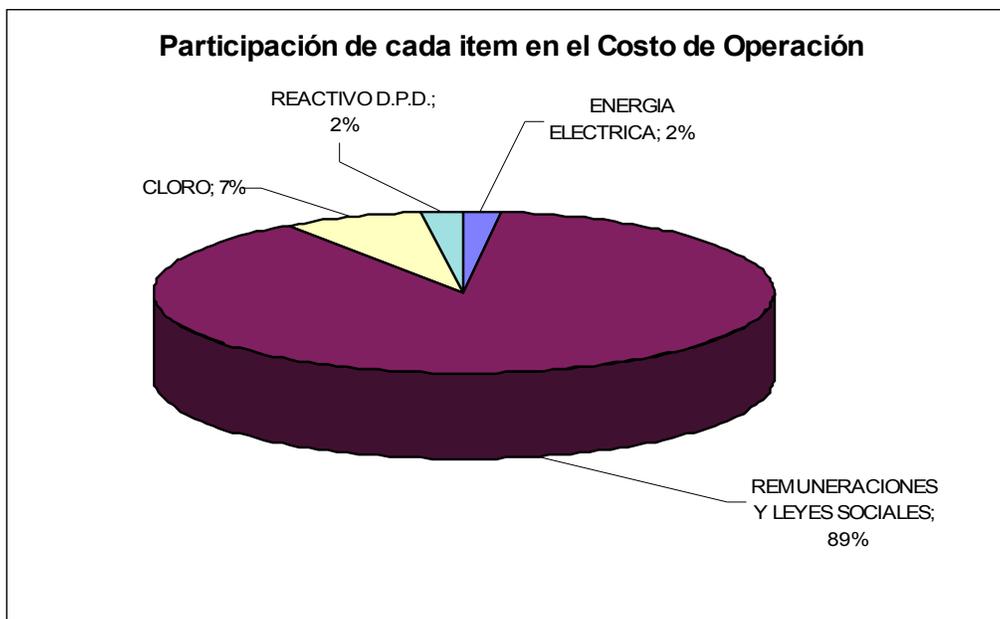


KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

GRAFICO N° 8.6

Participación de cada Ítem en el Costo de Operación



Analizando el gráfico anterior, se puede apreciar que el ítem mas importante está constituido por las Remuneraciones, las que tienen un peso relativo del 89% del Costo de Operación, seguido del Costo de Desinfección por Cloro con un 7%.

Por otro lado, considerando los Costos Mensuales Totales detallados anteriormente, la Tarifa Mínima Mensual para los 3 escenarios estará dada por los siguientes valores.

CUADRO N° 8.31

Tarifa Mínima Mensual para los 3 Escenarios

Tarifa Mínima Mensual 10 (m3)	Casos 3 y 4		
	100 Viv	15 Viv	1 Viv
Costos mensuales totales (75%)	300.938	85.795	2.750
Fondos de Reposición (25%)	100.313	28.598	917
Tarifa Mínima Mensual	401.251	114.393	3.667



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

A la luz de la tabla anterior, se puede concluir que la tarifa mínima mas baja es para 100 viviendas, con un costo unitario de \$ 4.013 por vivienda, en tanto que la solución más cara la constituye la vivienda individual, con un costo de \$ 3.667 por vivienda.

En el siguiente cuadro se muestra el cálculo de la tarifa mínima mensual por m³, para lo cual se asume un consumo promedio de 10 m³ por arranque.

CUADRO N° 8.32

Cálculo de la Tarifa Mínima Mensual por m³

Tarifa Mínima Mensual por m ³	Casos 3 y 4		
	100 Viv	15 Viv	1 Viv
Tarifa Mínima Mes 10 m ³	401.251	114.393	3.667
N° de Arranques	100	15	1
Tarifa Mínima por arranque	4.013	7.626	3.667
Consumo Mínimo por Arranque (m ³)	10	10	10
Tarifa Mínima por m ³ (\$)	402	762	367

A la luz de la tabla anterior, se puede apreciar que la tarifa mínima para 100 viviendas alcanza un valor de 402 \$/m³, para 15 viviendas de 762 \$/m³ y para una vivienda de 367 \$/m³.

8.3.3 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AP CASOS 5 Y 6

En el presente punto se calcula la tarifa mínima para los Casos 5 y 6 definidos en el capítulo 5 del estudio, desagregados en 100 y 15 viviendas y 1 vivienda, cuyos resultados arrojan los siguientes costos.



CUADRO N° 8.33

Resumen de Costos Anuales para los Casos 5 y 6

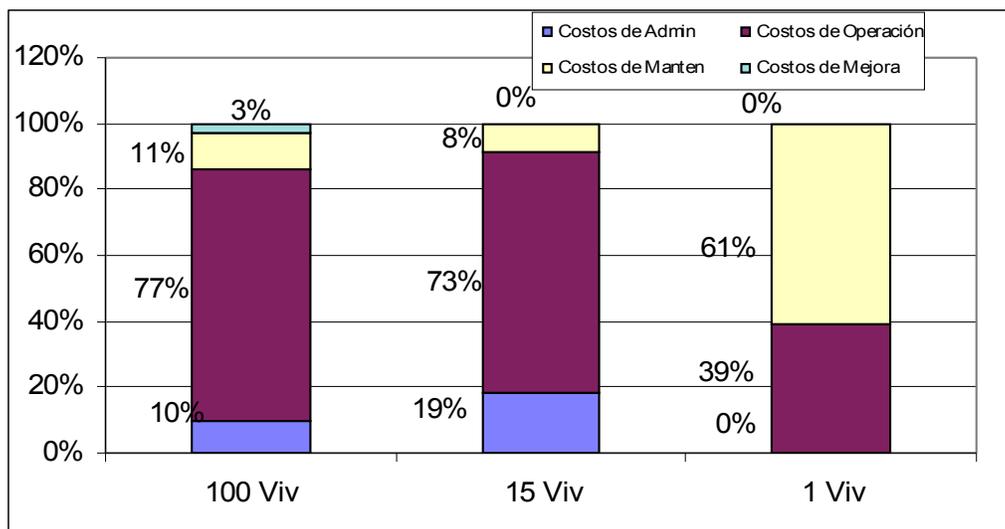
Resumen de Costos Anuales	Casos 5 y 6		
	100 Viv	15 Viv	1 Viv
Costos de Administración	375.000	220.000	0
Costos de Operación	2.980.481	863.948	16.228
Costos de Mantenimiento	435.000	100.000	25.000
Costos de Mejoramiento	100.000	0	0
Total Costos Anuales	3.890.481	1.183.948	41.228
Total Costos Mensuales	324.207	98.662	3.436

Los valores mostrados en el cuadro anterior, permiten apreciar que uno de los costos más significativos lo constituye el Costo de Operación, cuyo valor Anual es de \$ 2.980.481 para 100 viviendas y \$ 863.948 para 15 viviendas. Para una vivienda, el costo mas importante resulta ser el de Mantenimiento, cuyo valor anual es de \$ 25.000

A objeto de visualizar de mejor manera las implicancias de cada ítem en el Costo Total, en el siguiente gráfico se muestra la distribución porcentual de los costos parciales para cada escenario.

GRAFICO N° 8.7

Distribución Porcentual de los Costos Parciales para cada Escenario





KRISTAL
Ingeniería Ambiental

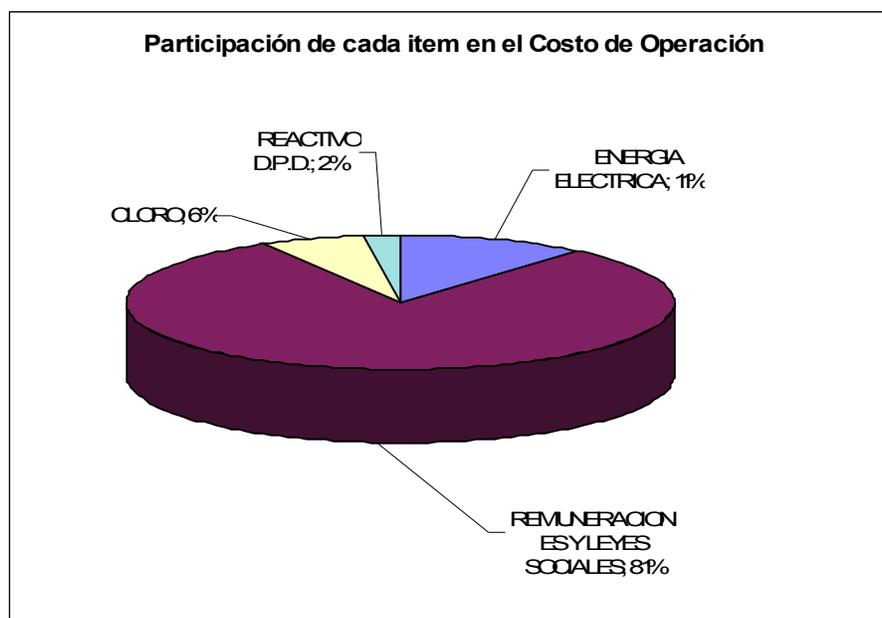
**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Analizando el gráfico anterior, se puede apreciar que uno de los costos importantes para el caso de 100 viviendas es el de Operación representando el 77% del Costo Total y de un 73% para el caso de 15 viviendas. Sin embargo, para el caso de una vivienda, el costo más relevante es el de mantenimiento con un 61% del Costo Total.

Dada la importancia de los costos de Operación, se decidió desagregarlo para el escenario de 100 viviendas, a partir de lo cual se visualicen los ítem(s) más relevantes, como puede apreciarse en el siguiente gráfico.

GRAFICO N° 8.8

Participación de Cada Ítem en el Costo de Operación



Analizando el gráfico anterior, se puede apreciar que el ítem más importante está constituido por las Remuneraciones, las que tienen un peso relativo del 81% del Costo de Operación, seguido del Costo de Energía Eléctrica con un 11%.

Por otro lado, considerando los Costos Mensuales Totales detallados anteriormente, la Tarifa Mínima Mensual para los 3 escenarios estará dada por los siguientes valores.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 8.34

Tarifa Mínima Mensual para los 3 Escenarios

Tarifa Mínima Mensual 10 (m3)	Casos 5 y 6		
	100 Viv	15 Viv	1 Viv
Costos mensuales totales (75%)	324.207	98.662	3.436
Fondos de Reposición (25%)	108.069	32.887	1.145
Tarifa Mínima Mensual	432.276	131.549	4.581

A la luz de la tabla anterior, se puede concluir que la tarifa mínima mas baja es para 100 viviendas, con un costo unitario de \$ 4.323 por vivienda, en tanto que la solución más cara la constituye la vivienda individual, con un costo de \$ 4.581 por vivienda.

En el siguiente cuadro se muestra el cálculo de la tarifa mínima mensual por m³, para lo cual se asume un consumo promedio de 10 m³ por arranque.

CUADRO N° 8.35

Cálculo de la Tarifa Mínima Mensual por m3

Tarifa Mínima Mensual por m3	Casos 5 y 6		
	100 Viv	15 Viv	1 Viv
Tarifa Mínima Mes 10 m3	432.276	131.549	4.581
N° de Arranques	100	15	1
Tarifa Mínima por arranque	4.323	8.770	4.581
Consumo Mínimo por Arranque (m3)	10	10	10
Tarifa Mínima por m3 (\$)	433	877	458

A la luz de la tabla anterior, se puede apreciar que la tarifa mínima para 100 viviendas alcanza un valor de 433 \$/m³, para 15 viviendas de 877 \$/m³ y para una vivienda de 458 \$/m³.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

8.4 RESUMEN Y EVALUACIÓN DE TARIFAS MÍNIMAS AP

En este punto se resumen las tarifas mínimas estimadas para cada caso y escenario, el que obedece al siguiente detalle.

CUADRO N° 8.36

Resumen de las Tarifas Mínimas Estimadas para cada Caso y Escenario

Casos	Nivel		
	100 Viviendas	15 Viviendas	1 Vivienda
1 y 2	441	921	581
3 y 4	402	762	367
5 y 6	433	877	458

A la luz de la tabla anterior, se puede apreciar que la tarifa más alta en AP corresponde a los casos 1 y 2 en el nivel de 15 viviendas con un total de \$ 921 por m³, en tanto que la tarifa mínima corresponde a los casos 3 y 4 para el nivel de una vivienda con un valor de \$ 367 por m³.

Si se analiza el nivel de 100 viviendas, la dispersión de la tarifa entre los casos es baja, fluctuando entre \$ 400 y \$ 440. Este valor se puede explicar en atención a que ante una mayor concentración se producen economías de escalas más altas y por lo tanto tarifas menores.

Por otro lado, se deberían esperar menores tarifas para mayor cantidad de viviendas conectadas al sistema de Agua Potable. No obstante, existe un punto de inflexión donde la curva cambia de pendiente, debido a que también implica mayor cantidad de obras asociadas y un sistema más complejo.

En el siguiente gráfico se muestra la relación existente entre precios y cantidad de viviendas para los Casos 1 y 2.

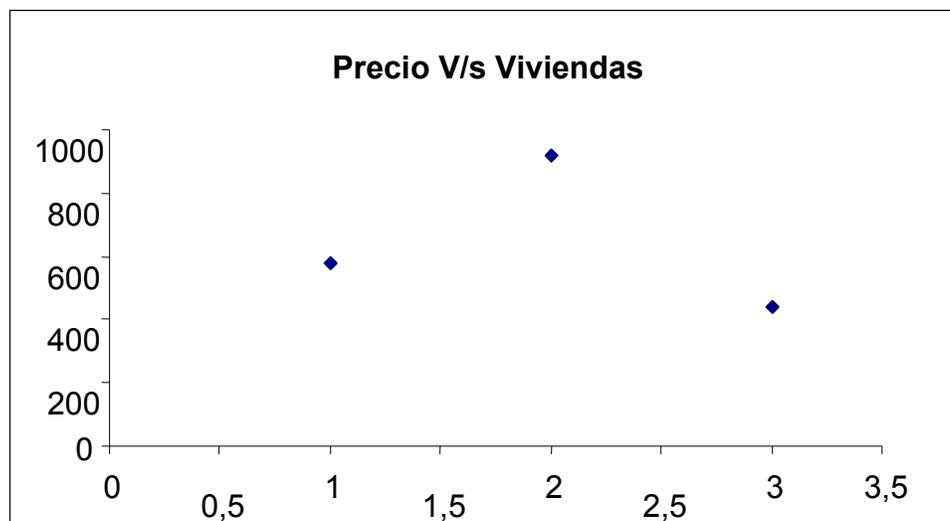


KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

GRAFICO N° 8.37

Relación entre precios y cantidad de viviendas para los Casos 1 y 2



8.5 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AS.

8.5.1 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS SOLUCION INDIVIDUAL.

La solución individual es independiente de la cantidad de viviendas, por lo que en los Casos del 1 al 6 que se defina una solución individual tendrán la misma tarifa. Por lo anterior, en los siguientes cuadros se muestra los resultados obtenidos utilizando la misma metodología de cálculo que en el sistema de agua potable.

La tarifa mínima para los Casos 1 al 6 definidos en el capítulo 5 del estudio, desagregados por la profundidad de la napa subterránea, arroja los siguientes costos:



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

CUADRO N° 8.38

Resumen de Costos Anuales Soluciones Individuales para los distintos casos

Resumen de Costos Anuales	Casos 1 al 6 Individual		
	X>2	1<X<2	x<1
Costos de Administración	0	0	0
Costos de Operación y Mantenimiento	18.909	43.489	69.660
Total Costos Anuales	18.909	43.489	69.660
Total Costos Mensuales	1.576	3.624	5.805

Nota: X>2 la napa se encuentra a más de 2 m. por debajo del nivel del terreno

1<X<2 la napa se encuentra entre 1 y 2 m. por debajo del nivel del terreno

X>1 la napa se encuentra a menos de 1 m. por debajo del nivel del terreno

Los valores mostrados en el cuadro anterior, permiten apreciar que uno de los costos más significativos lo constituye el Costo de Operación y mantenimiento, cuyo valor Anual varía entre \$ 69.660 para napa que se encuentra a menos de 1 m. del nivel del terreno, y \$ 18.909 para la situación en que la napa se encuentra a más de 2 m. por debajo del nivel del terreno.

Por otro lado, considerando los Costos Mensuales Totales detallados anteriormente, la Tarifa Mínima Mensual para los 3 escenarios estará dada por los siguientes valores.

CUADRO N° 8.39

Tarifa Mínima Mensual para los 3 Escenarios

Tarifa Mínima Mensual 8 (m3)	Caso 1 al 6 Individual		
	X>2	1<X<2	x<1
Costos mensuales totales (75%)	1.576	3.624	5.805
Fondos de Reposición (25%)	525	1.208	1.935
Tarifa Mínima Mensual	2.101	4.832	7.740

A la luz de la tabla anterior, se puede concluir que la tarifa mínima mas baja es para la situación con napa a más de 2 m, con un costo unitario de \$ 2.101 por vivienda, en tanto que la situación con napa a menos de 1 m constituye la tarifa mas alta con un costo de \$ 7.740 por vivienda.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En el siguiente cuadro se muestra el cálculo de la tarifa mínima mensual por m³, para lo cual se asume un consumo promedio de 8 m³ por arranque.

CUADRO N° 8.40

Tarifa Mínima Mensual por m³ para los 3 Escenarios

Tarifa Mínima Mensual por m ³	Caso 1 al 6 Individual		
	X>2	1<X<2	x<1
Tarifa Mínima Mes 8 m ³	2.102	4.832	7.740
N° de Arranques	1	1	1
Tarifa Mínima por arranque	2.102	4.832	7.740
Consumo Mínimo por Arranque (m ³)	8	8	8
Tarifa Mínima por m ³ (\$)	263	604	968

A la luz de la tabla anterior, se puede apreciar que la tarifa mínima se da en la situación con napa a más de 2 m con un valor de 263 \$/m³, luego la más alta se encuentra cuando la napa está a menos de 1 m con 968 \$/m³.

8.5.2 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS LODOS ACTIVADOS

Para la estimación de la presente tarifa se ha utilizado las siguientes partidas de costos:

Costos Fijos

- Personal: administración y de operación.
- Gastos Administrativos
- Mantenimiento

Costos Variables

- Energía Eléctrica
- Reactivos
- Retiro y Transporte de Lodos
- Polímeros
- Control de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Además para el cálculo de N° de arranques se utiliza la densidad habitacional de 4 hab/viv..

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los Costos Anuales correspondientes a una planta de tratamiento de Aguas Servidas en base a Lodos Activados.

CUADRO N° 8.41

Costos Anuales de una Planta de Lodos Activado

Poblac.	Costos de Adm.	Costos de Oper.	Costos de Mant.	Costos Anuales	Costos Mens.
873	2.916.000	26.682.928	474.311	30.073.239	2.506.103
1375	2.916.000	30.901.602	971.722	34.789.324	2.899.110
1478	2.916.000	31.239.776	988.987	35.144.764	2.928.730
2843	2.916.000	36.241.991	1.114.270	40.272.261	3.356.022
3687	2.916.000	41.475.956	1.234.968	45.626.924	3.802.244
4250	2.916.000	44.427.086	1.281.059	48.624.145	4.052.012
5036	2.916.000	38.583.626	1.493.583	42.993.209	3.582.767
6445	2.916.000	43.089.779	1.866.044	47.871.824	3.989.319

Los resultados mostrados en el cuadro anterior, permiten apreciar que los costos de administración son los mismos para el rango de la población entre 873 y 6445, cuyo valor total corresponde a \$ 2.916.000. En referencia a los costos de operación y mantenimiento van subiendo de acuerdo a la población que es atendida.

A objeto de visualizar de mejor manera las implicancias de cada ítem en el Costo Total, en el siguiente gráfico se muestra la distribución porcentual de los costos parciales para una población de 873, 3.687 y 6.445 habitantes.

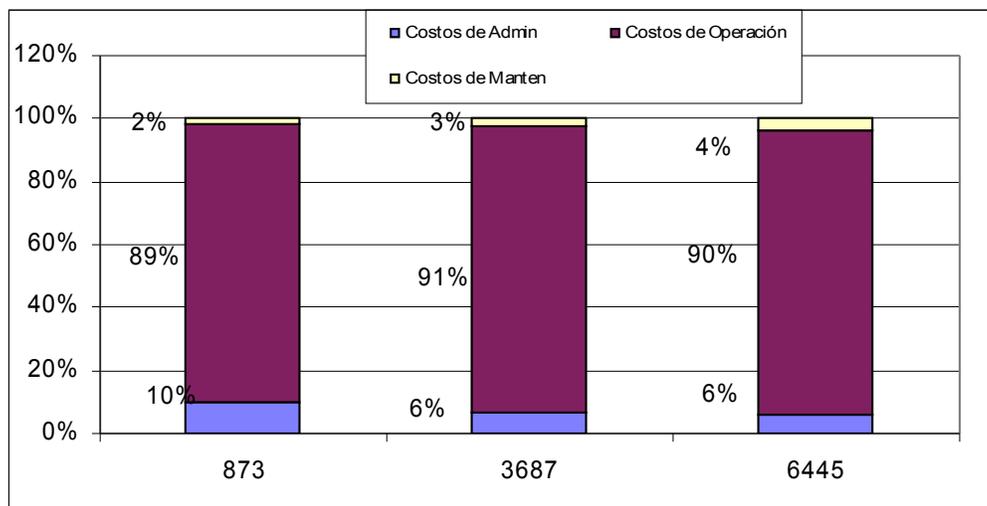


KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

GRAFICO N° 8.9

Participación de los costos V/S Población Lodo Activado



A luz del gráfico anterior, se puede inferir que los pesos relativos se mantienen en general en ciertos niveles, en tanto los costos fijos tienen una menor participación en la medida que aumenta la población, debido a que sus costos se reparten entre mas habitantes.

En el siguiente cuadro se muestra el cálculo de la tarifa mínima mensual por m3:

CUADRO N° 8.42

Cálculo de la Tarifa Mínima Mensual por m3 Lodo Activado

Población	Costos Mensuales	N° de Arranques	Tarifa Mínima por Arranque	Consumo por Arranque (m3)	Tarifa Mínima por m3 (\$)
873	2.506.103	219	11.443	10	1144
1375	2.899.110	344	8.428	10	843
1478	2.928.730	370	7.915	10	792
2843	3.356.022	711	4.720	10	472
3687	3.802.244	922	4.124	10	412
4250	4.052.012	1.063	3.812	10	381
5036	3.582.767	1.259	2.846	10	285
6445	3.989.319	1.612	2.475	10	247



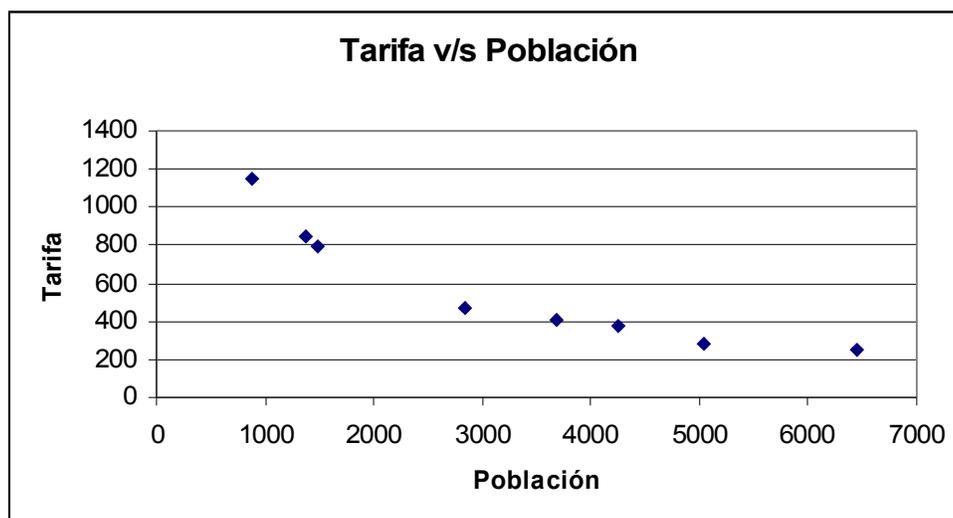
KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

A la luz de la tabla anterior, se puede apreciar que la tarifa mínima se da con una población 6.445 con un valor de 247 \$/m³, luego la más alta se encuentra con una población de 873 con 1.144 \$/m³.

En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento del costo de la tarifa en función de la población.

GRAFICO N° 8.10
Curva de Tarifa v/s Población Lodos Activados



8.5.3 CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS LAGUNA AEREADEA MULTICELULAR

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los Costos Anuales correspondientes a una planta de tratamiento de Aguas Servidas en base a Laguna Aereada Multicelular.



CUADRO N° 8.43

Costos Anuales Laguna Acreada Multicelular

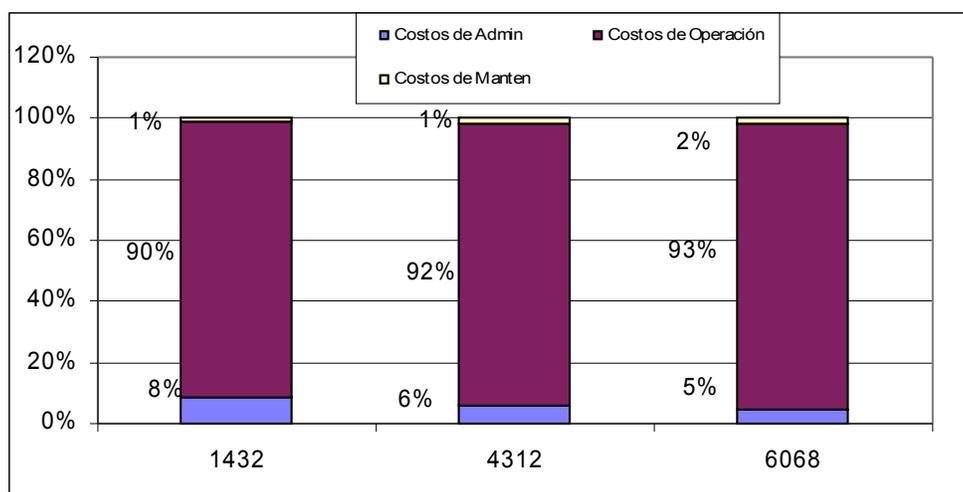
Poblac.	Costos de Adm.	Costos de Oper.	Costos de Mant.	Costos Anuales	Costos Mens
1432	2.268.000	24.305.359	378.668	26.952.027	2.246.002
4312	2.268.000	34.049.020	548.940	36.865.959	3.072.163
6068	2.268.000	43.253.101	855.333	46.376.434	3.864.703
6446	2.268.000	42.304.693	707.624	45.280.316	3.773.360

Los resultados mostrados en el cuadro anterior, permiten apreciar que los costos de administración son los mismos para el rango de la población entre 1.432 y 6446, cuyo valor total corresponde a \$ 2.268.000. En referencia a los costos de operación y mantenimiento van subiendo de acuerdo a la población que es atendida.

A objeto de visualizar de mejor manera las implicancias de cada ítem en el Costo Total, en el siguiente gráfico se muestra la distribución porcentual de los costos parciales para una población de 1.432 y 6.446 habitantes.

GRAFICO N° 8.11

Participación de los costos V/S Población Laguna Aerada Multicelular



A luz del gráfico anterior, se puede inferir que los pesos relativos se mantienen en general en ciertos niveles, en tanto que los costos fijos tienen una menor participación en la medida que aumenta la población, debido a que sus costos se reparten entre mas habitantes.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En el siguiente cuadro se muestra el cálculo de la tarifa mínima mensual por m³:

CUADRO N° 8.44

Calculo de la Tarifa Mínima Mensual por m³ Laguna Aerada Multicelular

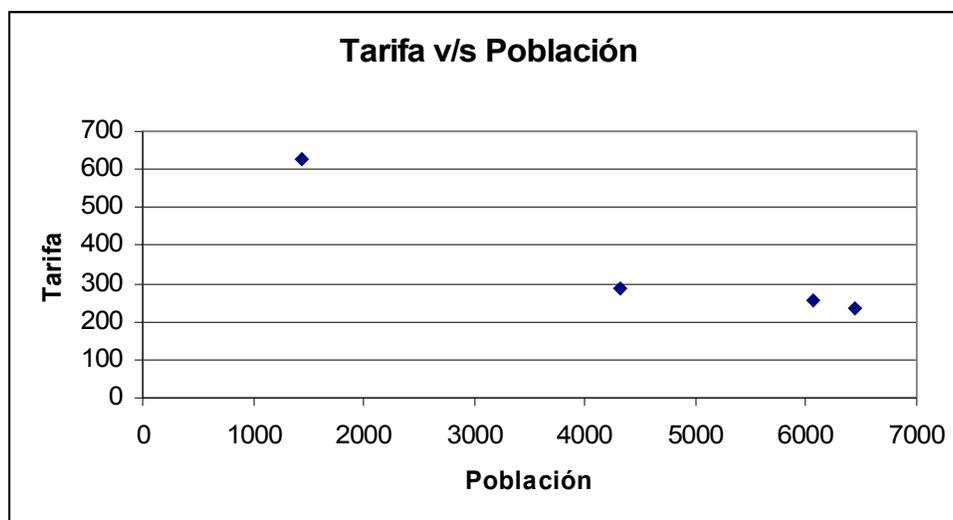
Población	Costos Mensuales	N° de Arranques	Tarifa Mínima por Arranque	Consumo por Arranque (m³)	Tarifa Mínima por m³ (\$)
1432	2.246.002	358	6.274	10	627
4312	3.072.163	1.078	2.850	10	285
6068	3.864.703	1.517	2.548	10	255
6446	3.773.360	1.612	2.341	10	234

A la luz de la tabla anterior, se puede apreciar que la tarifa mínima se da con una población 6.446 con un valor de \$ 234 /m³, luego la más alta se encuentra con una población de 1432 con \$ 627 /m³.

En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento del costo de la tarifa en función de la población.

GRAFICO N° 8.12

Curva de Tarifa v/s Población Laguna Aerada Multicelular





KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.

9.1 INTRODUCCIÓN.

Las Bases de Cálculo adoptadas en el Informe, fueron generadas producto de un acucioso análisis de todos los antecedentes disponibles y su adopción es a juicio de esta Consultora consistente y realista. Aún cuando pueden existir fuentes de información o estadísticas distintas a las utilizadas, constituyen un marco adecuado para poder visualizar el actual estado del arte del Saneamiento Rural del país y una plataforma base a partir de la cual se podrán afinar determinados aspectos con antecedentes o criterios adicionales que pudieran surgir.

Análogamente, los aspectos Técnicos (Bases de Cálculo, Criterios de Diseño y Dimensionamiento) y Económicos (Valorización) referidos tanto al suministro, tratamiento y distribución del Agua Potable como a la recolección, tratamiento y disposición de Aguas Servidas, fueron definidos en base a Bases de Cálculo y Criterios de Diseño meridianamente consensuados, a partir de los cuales se efectuó un análisis “in extenso” del espectro disponible de tecnologías de Agua Potable y Aguas Servidas, detallando las razones técnicas y económicas que llevaron a la adopción de las mismas y su consecuente Dimensionamiento y Valorización. Pudiendo existir criterios que no sean coincidentes con los señalados en el Informe, se considera que constituyen un marco base que contempla las tecnologías más establecidas.

En lo relacionado con el análisis a nivel conceptual del Modelo de Gestión del Saneamiento Rural, se constituye a juicio de esta Consultora en un aspecto de relevante importancia para viabilizar la implementación de un Saneamiento Rural debidamente consolidado y asegurar la sostenibilidad de la Inversión tanto en los Sistemas de Agua Potable como de Aguas Servidas del sector, cuyo análisis y las correspondientes conclusiones y recomendaciones, pueden resumirse del siguiente modo.

Para comprender de mejor manera el entorno legal, normativo y técnico del Modelo de Gestión requerido para el Saneamiento del sector Rural, se puede establecer que el actual estado del arte en lo referido al manejo del Saneamiento Rural, presenta las siguientes características.

- No existe actualmente un Programa Nacional de Saneamiento Rural que sea equiparable al Programa Nacional de Agua Potable Rural impulsado exitosamente por el MOP, donde se cuente con una partida presupuestaria, definida previa y específicamente para la instalación de Sistemas de Saneamiento Rural. En consecuencia, no existe un financiamiento explícito para el Saneamiento Rural.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Al momento, no existe una Planificación y menos objetivos específicos a alcanzar en términos de aumentar la actual cobertura de Saneamiento Rural, lo que ocasiona claras falencias en los siguientes aspectos.
 - Criterios de Diseño específicos.
 - Normas Específicas Aplicables.
 - Gestión Financiera (Tarifas y Otros).
 - Entes Reguladores de los sistemas de Saneamiento Rural.
 - Definición clara de atribuciones en la Fiscalización de los servicios de Saneamiento Rural existentes.
 - Definición clara relativa a los requisitos, autorizaciones y aprobaciones de los Diseños. Al momento es la Autoridad Sanitaria quien realiza la aprobación del Proyecto y la autorización de las obras, en virtud a la autorización sanitaria expresa establecida en el Decreto con Fuerza de Ley N° 1.

- Los medios de financiamiento que actualmente utilizan las comunidades rurales para obtener fondos para implementar el Saneamiento, obedecen a distintos caminos, siendo los más comúnmente utilizados los siguientes.
 - **Financiamiento del Diseño de Saneamiento.** Es práctica común que la correspondiente Municipalidad postule al FNDR los fondos requeridos para esta actividad. Solo en casos puntuales (grandes APR), la Cooperativa cuenta con financiamiento propio para el diseño.
En determinados casos, las Cooperativas más grandes pueden acceder directamente a la Intendencia Regional en busca de financiamiento para el diseño.

 - **Financiamiento de la Construcción de la Obra de Saneamiento.** Con el diseño aprobado y con todos los permisos obtenidos, la Cooperativa concurre normalmente a la municipalidad correspondiente, para que esta incluya en las postulaciones a FNDR o fondos regionales el financiamiento de la construcción de las Obras de Saneamiento.
Sin embargo esta postulación puede sufrir demoras dependiendo del tamaño de la población beneficiada, número de proyectos anuales postulados por la Municipalidad, etc.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Los problemas de operación de los Sistemas de Saneamiento Rural existentes son significativos, encontrándose incluso algunos sistemas de tratamiento de Aguas servidas detenidos, con el consecuente deterioro de la calidad de las aguas servidas que se disponen crudas a los cuerpos receptores. Al respecto, se debe destacar que una operación adecuada de los Sistemas de Tratamiento, requiere necesariamente de personal especializado, no necesariamente disponible en el sector Rural.

Asimismo, los sistemas de tratamiento requieren de un programa de control y mantención de Equipos e Instrumentos, y un monitoreo permanente de la calidad del efluente para adoptar las medidas correctivas en forma oportuna.

A la luz de lo anterior, es fácil comprender que el Saneamiento Rural no está regulado, normado ni fiscalizado de manera adecuada, por lo cual el aspecto más relevante a considerar dice relación con dotarlo de una institucionalidad operativa que permita alcanzar sus objetivos a cabalidad.

Para ello, es fundamental evaluar la organización interna que se requiere en las instituciones encargadas (Comités o Cooperativas), para que puedan realizar a cabalidad su cometido en todas las realidades propias del sector Rural a lo largo del país.

La Organización definida está basada fundamentalmente en las opiniones vertidas por las Instituciones entrevistadas y las diversas experiencias emanadas de los Comités o Cooperativas encargadas de los sistemas existentes de agua potable rural y en algunos casos de tratamiento y disposición de aguas servidas.

9.2 DEFINICIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.

La definición de la proposición de organización para llevar a cabo las funciones relacionadas con los servicios de AP y AS a cabalidad, tendrá su base en un análisis a nivel micro (estudio de casos) y antecedentes históricos que develan la génesis de la situación y su problemática.

Una primera consideración de importancia, la constituye la necesidad de definir desde el punto de vista legal una estructura orgánica que permita una adecuada Gestión del Saneamiento Rural tanto en lo referido a la Fiscalización, Movimiento Contable y otros, como también a la organización interna requerida para tales efectos.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Al respecto, se debe destacar que solamente se podrá dar cuenta de una adecuada gestión si se efectúa bajo un sistema definido (Comité, Cooperativa) que cuente con **Regulación Orgánica** establecida y adecuada a sus objetivos. A juicio de esta Consultora, solamente bajo tal marco es posible impedir que el déficit en infraestructura de disposición de aguas servidas domésticas sea un obstáculo al desarrollo económico del territorio asociado al sector rural.

Asimismo, se considera que los sistemas de Saneamiento deberán en principio ser operados y administrados por los mismos beneficiarios, toda vez que ello traerá asociadas las siguientes ventajas.

- Generará ocupación de Mano de Obra Local.
- Permitirá contar con personal estable, sin las complicaciones de una administración externa de la zona.
- Generará incentivos para operar bajo el concepto de microempresa, etc..

Analizando los requerimientos anteriormente delineados, se puede apreciar que una Cooperativa tiene una ventaja importante con respecto a los Comités, toda vez que su configuración exige un Directorio, Juntas de Vigilancia, Administración Contable y Asambleas que permitan tomar decisiones en forma colectiva, con responsabilidades legales establecidas.

Adicionalmente, y tal como se fundamenta en el capítulo 6 del presente Informe, la reforma de la Ley de Cooperativas posibilitará el convertirlas en institución, quedando con un cuerpo legal más idóneo para garantizar la sostenibilidad y sustentabilidad de la inversión.

Por otro lado, en la reunión sostenida por esta Consultora con el Departamento de Cooperativas del Ministerio de Economía, se trató específicamente el tema de las organizaciones encargadas de administrar Sistemas de Saneamiento Rural, donde se señaló que se pretende realizar modificaciones a la actual Ley de Cooperativas con los siguientes objetivos.

- Reconocer en la Ley la especificidad de los distintos tipos de Cooperativas existentes (Agua Potable Rural, Ahorro y Préstamo, Electricidad, etc.)
- Distinguir dentro de lo anterior, los tamaños y capacidades necesarias para dar cumplimiento a los objetivos, lo que se materializaría en definitiva en definir requerimientos específicos en función de capacidades requeridas.
- Adoptar medidas de fortalecimiento de las Cooperativas, impulsadas por el Departamento de Cooperativas y la SUBDERE.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

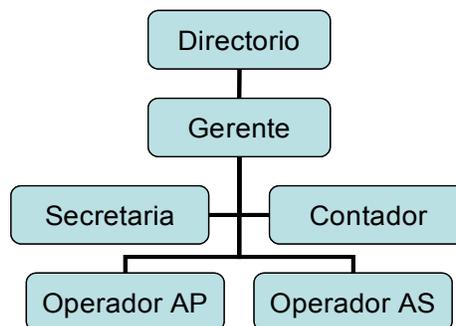
**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

A la luz de lo anterior, queda claro y consensuado que la organización que de mejor manera puede administrar y gestionar los sistemas de Agua Potable y Aguas Servidas en el sector Rural la constituyen las Cooperativas, debiendo efectuarse previamente las modificaciones planteadas anteriormente y asegurando el contar con el apoyo por parte del Estado.

Consecuente con lo anterior, y dependiendo del tamaño, la organización interna de una Cooperativa puede ir desde una estructura mínima, requerida por Ley, hasta una en que la gestión está separada de la administración, bajo un organigrama básico como el que se señala a continuación.

FIGURA N° 9.13

Organigrama Básico para una Cooperativa



El requerimiento del personal estará en función de la complejidad de los sistemas a administrar, siendo las labores y actividades que deben abordar las Cooperativas de APR al menos las siguientes.

- Administración del Personal.
- Facturación y Cobranza.
- Operación de los sistemas de AP y AS.
- Mantenimiento de los sistemas de AP y AS.
- Inversión en Reposición requerida para la cabal operación de los sistemas.



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En referencia a como mejorar las economías de escala Asociados a la gestión del Saneamiento Rural, es conveniente que una Empresa, Microempresa o incluso Cooperativa administre varios Comités y/o Cooperativas de ubicación geográfica cercana, lo que permitirá tener una mayor capacidad de negociación ante los proveedores de los insumos requeridos para las distintas plantas, contar con un sistema integrado Horizontal para los cobros, facturación (utilizar un sistema computacional para todos) y otros.

Asimismo, es consenso que una misma entidad (Cooperativa u otra) administre simultáneamente los servicios de AP y AS, en consideración no solo a la economía de escala que se produce al integrar estos componentes productivos, sino también a que ello implicará un solo responsable legal de todo el Saneamiento Rural.

Lo anteriormente establecido, se ve refrendado con la exitosa experiencia en el sector Urbano de una única empresa encargada de administrar, operar y mantener simultáneamente los servicios de Agua Potable y Aguas Servidas. A juicio de esta Consultora, la gran experiencia que han adquirido las Cooperativas y Comités en el sector Rural, permitiría que detenten tal responsabilidad, con apoyo del Estado tanto en los aspectos de Inversión como de Capacitación permanente.

Es necesario destacar que una serie de Cooperativas, no pueden ni podrán en el futuro realizar estas actividades sin el apoyo de un tercero, que para efectos de análisis, se considerará que corresponde al Estado, el que podrá realizar las labores de apoyo a través de su estructura o a través de terceros, especialmente en lo que a Capacitación y transferencia tecnológica se refiere. Desde ese punto de vista, el Ministerio de Salud ofrece su infraestructura para efectuar dichas labores, la que a través de sus Postas Rurales abarca todo el territorio nacional, restando definir la estructura del personal de apoyo técnico encargada de dichas labores.

9.3 RESPONSABILIDAD DEL ESTADO EN GARANTIZAR QUE LAS COOPERATIVAS CUMPLAN SU LABOR.

Dada las diferencias de tamaño de las Cooperativas a lo largo del sector Rural del país, es recomendable que el Estado tome roles y responsabilidades relacionadas con los siguientes puntos:



KRISTAL
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **Normativas.** El Estado debe velar por el servicio que se da en el ámbito rural, como son la calidad del agua, preservación del entorno ambiental, nivel del servicio etc.
- **Fiscalizadoras.** El Estado debería cumplir un rol fiscalizador considerando recurso humano al respecto.
- **Apoyo a la Gestión.** El Estado debería ampliar la participación de actores que cumplan las tareas que actualmente realizan las Unidades Técnicas (Concesionarias), como por ejemplo la Capacitación y Transferencia tecnológica a ser realizada por otras Instituciones Competentes como el Ministerio de Salud.
- **Apoyo en el Uso del Servicio y la Disposición a Pagar.** Como se señaló anteriormente, el Estado deberá financiar los Costos de Inversión del Saneamiento Rural. Se considera adecuado que adicionalmente, el Estado elabore una estrategia que permita crear el hábito del uso del Servicio y la disposición a pagar el consecuente costo asociado. Para ello, el Estado podría subsidiar los Costos de Operación del Saneamiento durante la etapa inicial de operación del servicio (p.e. 1 año). Este aspecto cobra especial relevancia en la medida que los servicios tienen menor tamaño.

Considerando que el MOP realiza al presente esta función parcialmente en el Agua Potable, se considera necesario y adecuado desde el punto de vista técnico y económico que amplíe su espectro de acción a las Aguas Servidas, de modo de contar con una sola Institución a cargo del Saneamiento Rural en su integridad.

Santiago, Mayo de 2007.