



**INSTITUTO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE  
PLANIFICACION ECONOMICA Y SOCIAL - ILPES**

---

**DIRECCION DE PROYECTOS Y PROGRAMACION  
DE INVERSIONES**

**GUIA PARA LA IDENTIFICACION Y FORMULACION DE  
PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO**

**DIRECCION DE PROYECTOS Y PROGRAMACION DE INVERSIONES**

**Distr.  
LIMITADA**

**LC/IP/L.124  
28 de marzo de 1996**

**ORIGINAL: ESPAÑOL**

**GUIA PARA LA IDENTIFICACION Y FORMULACION DE PROYECTOS  
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO**

Este documento no ha sido sometido a revisión editorial.

96-3-288

## **PROLOGO**

El agua constituye hoy en día uno de los elementos más estratégicos y de mayor importancia para la sustentabilidad de las naciones y sus habitantes. Entre otras razones, conviene destacar el trascendental impacto sobre la salud y el bienestar de las personas, el efecto sobre la productividad de la mano de obra, el imprescindible valor dentro de la actividad productiva en todas sus manifestaciones y el apoyo fundamental para el desenvolvimiento de los conglomerados urbanos. Así, el tratamiento, conservación, transporte, recuperación y utilización del agua son temas de una enorme trascendencia que involucra a la mayoría de las ciudades y municipalidades de la región, independientemente de su tamaño.

En base a dichos antecedentes, la correcta identificación, preparación y evaluación de proyectos en el sector agua potable y saneamiento, mostrando los requerimientos y tareas mínimas que es necesario desarrollar en cada una de las etapas del ciclo de los proyectos, representa una alta prioridad para los gobiernos nacionales y locales. La presente Guía recoge con un enfoque práctico los conceptos básicos sobre el tema, los pasos que hay que adelantar y se entregan los elementos que permiten una correcta identificación del problema y la formulación de la alternativa más conveniente. Su elaboración estuvo a cargo del señor Pedro Reyes consultor del ILPES.

**Dirección de Proyectos y  
Programación de Inversiones  
ILPES**

## **RESUMEN**

Un alto porcentaje de las localidades urbanas y rurales de América Latina y el Caribe carecen de un suministro adecuado de agua potable y de tratamiento de aguas servidas y excretas. Todo esto conlleva significativos costos desde el punto de vista social y económico que generan situaciones de insalubridad, mala calidad de vida y una restricción adicional para alcanzar niveles superiores de bienestar y expansión económica. Por todas estas razones, un enfoque integral sobre los problemas de captación, tratamiento, distribución, administración, mantenimiento y ampliación de los sistemas de agua potable, constituye una tarea de enorme prioridad para la mayoría de las ciudades de la región y en particular para las localidades pequeñas.

Dentro de dicho marco de preocupaciones, la elaboración de un sencilla y práctica Guía sobre los proyectos de inversión de agua potable y saneamiento, constituye un significativo aporte para solucionar una necesidad básica insatisfecha. Siguiendo el ciclo de los proyectos, la Guía muestra los diferentes pasos que hay que adelantar en forma secuencial para lograr una correcta preparación y evaluación de la alternativa propuesta. Mediante ejemplos específicos y la simulación de un caso concreto, se espera que la Guía alcance el máximo de utilidad y aplicabilidad por parte de usuarios y funcionarios interesados en el tema.



## INDICE

	<u>Página</u>
Introducción .....	1
1. Descripción de un sistema sanitario de agua potable y alcantarillado .....	5
1.1 Introducción .....	5
1.2 Problemas asociados a la falta de un sistema sanitario .....	7
1.3 Descripción de un sistema de agua potable .....	9
1.4 Descripción de un sistema sanitario de disposición de aguas servidas ..	15
2. Aspectos generales .....	19
2.1 La importancia de una buena identificación, preparación y evaluación .....	19
2.2 La equidad en los proyectos .....	21
2.3 Ciclo de los proyectos .....	23
2.4 La evaluación de los proyectos .....	27
2.5 La trayectoria de los proyectos en el sector agua potable y saneamiento .....	29
3. Formulación de proyectos de agua potable y alcantarillado .....	31
3.1 Introducción .....	31
3.2 Tipologías de proyectos de agua potable .....	32
3.3 Tipología de proyectos de alcantarillado sanitario .....	33
3.4 Formulación de los proyectos .....	35
4. Metodología de evaluación de los proyectos de abastecimiento de agua potable .....	55
4.1 Estimación de curva de demanda por agua potable .....	55
4.2 Estimación empírica de funciones de demanda .....	58
4.3 Metodología de cálculo de beneficios .....	60
4.4 Modelo de simulación SIMOP .....	69
5. Metodología de Evaluación de proyectos de alcantarillado de aguas servidas .....	73
6. Aplicación de la Metodología de Evaluación a un Proyecto Sanitario .....	77
A. DESCRIPCION DEL AREA DEL PROYECTO .....	79

B.	DESCRIPCION Y DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL	86
B.1	SISTEMA DE AGUA POTABLE .....	86
B.2	SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	93
C.	OPTIMIZACION DE LA SITUACION ACTUAL (Situación Sin Proyecto) .....	98
C.1	Sistema de Agua Potable .....	98
C.2	Sistema de alcantarillado .....	99
D.	ANALISIS DE LA DEMANDA .....	99
E.	BALANCE OFERTA - DEMANDA .....	116
E.1	Fuentes de Agua .....	116
E.2	Regulación .....	118
E.3	Red de Distribución .....	118
E.4	Red de colectores de alcantarillado .....	119
E.5	Tratamiento de las Aguas Servidas .....	119
F.	ANALISIS DE ALTERNATIVAS .....	119
F.1	Sistema de Agua Potable .....	119
F.2	Sistema de Alcantarillado .....	121
G.	ALTERNATIVA DE MINIMO COSTO .....	124
G.1	Sistema de Agua Potable .....	124
G.2	Sistema de Alcantarillado .....	129
H.	ANALISIS SOCIOECONOMICO .....	135
H.1	Análisis beneficio-costo del proyecto de agua potable .....	135
H.2	Cálculo del indicador costo-eficiencia para el proyecto de alcantarillado .....	148
ANEXO 1:	Listado de salida del SIMOP .....	155

## Introducción

El abastecimiento de agua potable y la provisión de adecuados sistemas de disposición de excretas constituyen bienes que permiten elevar significativamente la calidad de vida de las familias. Entre los múltiples beneficios evidentes se pueden destacar: la disminución de las enfermedades de origen hídrico (la diarrea, la ascariasis, la esquistosomiasis, etc.); influencia indirecta en la productividad de los trabajadores; eliminación de focos de infección; eliminación de molestias derivadas de los sistemas individuales e ineficientes utilizados por las familias, etc.

Numerosos estudios demuestran la estrecha relación entre salud y saneamiento básico (provisión de agua potable y alcantarillado), adicionalmente organizaciones como la OMS (Organización Mundial de la Salud) promueven este tipo de estudios y acciones concretas para establecer avances a nivel mundial en la cobertura de estos servicios esenciales. En el período 1980-1990 la OMS declaró la Década Internacional del Sumistro de Agua Potable y Saneamiento, con la ambiciosa meta de lograr en el decenio "agua potable y servicios de saneamiento para todos". Los logros fueron significativos pero no suficientes para la meta preestablecidas. En función de estos resultados, más de setenta Jefes de Estado se reunieron en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York en septiembre de 1990 para suscribir su apoyo a un conjunto de objetivos encaminados al desarrollo humano en la presente década. en relación al tema se estableció como objetivo "un acceso universal al agua potable y a servicios adecuados para la eliminación de excretas para el año 2000". Además, se planteó un nuevo enfoque que incorpore la participación comunitaria y el pago de parte de los costos de las comunidades, el uso de tecnologías de bajo costo y una mayor concentración en los procesos que rindan beneficios sanitarios y socioeconómicos.

Los resultados de estas iniciativas han demostrado que lograr las anheladas metas de cobertura de este tipo de servicios (como de varios otros servicios esenciales), implican grandes esfuerzos por los elevados montos de inversión que demanda la acometida de las obras de este tipo de proyectos en sus obras generales. Adicionalmente, para lograr una plena ocupación de esta infraestructura, los Estados deben considerar un aporte a las obras necesarias al interior de las viviendas (artefactos sanitarios), en el caso de las familias de escasos recursos.

Lo expuesto respalda la necesidad de optimizar la calidad de la inversión, lo cual está directamente relacionada con la correcta asignación de los recursos disponibles. Por lo tanto, identificar e implementar buenos proyectos que generen gran impacto en la población beneficiaria, se convierte día a día en una necesidad y en un importante desafío para las autoridades encargadas de los servicios sociales de un país. El contar con proyectos que efectivamente generen los impactos esperados depende, en gran medida, de una buena identificación, preparación y evaluación de ellos.

En el marco del fortalecimiento de esta labor, este documento tiene como objetivo guiar el proceso de identificación y preparación de proyectos en el sector agua potable y saneamiento, entregando los elementos mínimos a considerar en cada una de sus etapas. Los objetivos específicos de la guía son:

- a) Ofrecer orientaciones y herramientas prácticas para la identificación y preparación de proyectos del sector.
- b) Mostrar las etapas mínimas que deberían cumplir los proyectos del sector y el contenido de cada una de ellas.
- c) Mostrar la metodología de evaluación social de los proyectos de agua potable y saneamiento y establecer los criterios básicos para una adecuada formulación de los mismos.

En el diseño de la guía se pensó en especial en los formuladores de proyectos del nivel Municipal. Esto corresponde a profesionales que están dedicados a la presentación de proyectos de infraestructura Comunal a nivel de perfil de los mismos.

La guía está organizada en seis capítulos. En el primero, se entregan antecedentes generales del sector, de manera de orientar al preparador de proyectos en la problemática del mismo. En el capítulo segundo se entregan conceptos generales acerca de la importancia de la buena identificación y presentación de los proyectos, se presentan las etapas del ciclo de vida de éstos, la evaluación y trayectoria de los proyectos del sector.

El tercer capítulo está destinado a resaltar la importancia de formular adecuadamente el proyecto de inversión. Se entregan algunos elementos que facilitan y posibilitan una buena identificación del problema y la tipología de los mismos.

A continuación, el capítulo cuarto analiza en detalle la metodología beneficio-costos en aplicación para determinar la rentabilidad de los proyectos de agua potable. Se incorpora una descripción de las variables utilizadas en el modelo computacional, SIMOP, utilizado para determinar la rentabilidad de este tipo de proyectos.

El capítulo cinco está destinado a detallar la metodología en aplicación para el análisis económico de los proyectos de alcantarillado de aguas servidas.

Finalmente se incluye en el capítulo seis una aplicación de la metodología de evaluación de proyectos de agua potable y alcantarillado. En este capítulo se evalúa un proyecto destinado a mejorar la infraestructura de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la localidad de Longavi. En base a esta aplicación es posible explicar en detalle la formulación de este tipo de proyecto, mostrando en base a numerosos ejemplos la forma de cálculo de las principales variables del proyecto y su evaluación económica.



# 1. Descripción de un sistema sanitario de agua potable y alcantarillado

*Este capítulo contiene una identificación de los problemas que origina la carencia de sistemas de agua potable y saneamiento. Del mismo modo se presenta una descripción de dichos sistemas para una mejor comprensión de la terminología en uso en estos proyectos. En esta descripción se comenta las dificultades que se presentan para la plena utilización de la infraestructura sanitaria.*

## 1.1 Introducción

El agua no contaminada y el saneamiento ambiental no sólo son necesidades básicas mínimas para la salud y el bienestar humano, si no que constituyen un fin en sí. Adicionalmente, desde el punto de vista de la economía de un país, se ha demostrado que el abastecimiento de agua y el servicio de alcantarillado para la disposición de las aguas residuales domésticas influyen indirectamente en la productividad de los trabajadores.

Estudios recientes<sup>1</sup> señalan que el abastecimiento de agua y saneamiento ayuda a combatir la diarrea, la desnutrición, la ascariasis, la esquistosomiasis, la dracunculiasis y el tracoma, y que esos efectos positivos se pueden multiplicar de manera notable si además de esos servicios se brinda educación sanitaria, para el cambio de hábitos en la población.

No obstante los numerosos estudios que demuestran la estrecha relación entre salud y saneamiento básico (provisión de agua potable y alcantarillado domiciliario), los países no han logrado alcanzar buenos niveles de coberturas en estos servicios ya que los mismos demandan elevados montos de inversión. Concientes del problema que implica la ausencia de estos servicios esenciales para la población, la Organización Mundial de la Salud<sup>2</sup>(OMS) declaró al período 1980-1990 la Década

---

<sup>1</sup>El Dr. Steven Esrey, Profesor de la Universidad McGill, Canadá, presentó los resultados de su investigación sobre el tema en un Curso efectuado por UNICEF en abril de 1993.

<sup>2</sup>La referencia a este problema fue tomado de la Publicación "Noticias del UNICEF", N° 116 (año 1980)

Internacional del Suministro de Agua Potable y Saneamiento. El propósito de la Década era responder a la necesidad acuciante de un esfuerzo internacional concertado para suministrar agua y servicios de saneamiento, siendo el objetivo de la Década, "Agua potable y servicios de saneamiento para todos en el año 1990". La decisión para impulsar la Década, estuvo basada en el diagnóstico efectuado por la OMS, el cual señalaba que más de la mitad de la población del Tercer Mundo carece de acceso al agua potable y tres personas de cada cuatro no tienen mayores posibilidades de deposición de los excrementos que un cubo repugnante o tener que salir al campo.

Finalizada la década de los años 80s, se concluía<sup>3</sup> que "se logró el aprovisionamiento de agua potable a aproximadamente 1.350 millones de personas adicionales, y cerca de 747 millones más cuentan ahora con instalaciones adecuadas para la disposición de excretas en los países en desarrollo". Sin embargo este logro fue evidentemente insuficiente para las metas originales de la Década. Conscientes de esta problemática, más de setenta jefes de estado se reunieron en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York en septiembre del año 1990 para suscribir su apoyo a un conjunto de objetivos encaminados al desarrollo humano en la década de los años 90. Uno de estos importantes objetivos es el de lograr "un acceso universal al agua potable y a servicios adecuados para la eliminación de excretas" para el año 2000. A la vista de los insuficientes resultados de la Década, se planteó un nuevo enfoque que incorpore la participación comunitaria y el pago de parte de los costos por las comunidades, la tecnología de bajo costo y una mayor concentración en los procesos que rindan beneficios sanitarios y socioeconómicos.

Lo anterior demuestra que lograr metas de plena cobertura de agua potable y saneamiento (adecuado), implica un gran esfuerzo no solo de los Estados sino que además de las propias comunidades en las cuales han de implementarse estos proyectos. Sin embargo, existen fundadas esperanzas de lograr estos fines en razón del compromiso que están adoptando los Gobiernos en la superación de estos problemas, demostrados en los avances de la última década. Adicionalmente se puede destacar el interés de los propios afectados en base a su propio aporte y el asumir gradualmente los costos implícitos y la participación del capital privado en la provisión de estos servicios, recuperando los costos vía una tarificación en base a los costos marginales de proveer los servicios.

---

<sup>3</sup> Tomado del documento UNICEF: "Taller sobre Monitoreo en el sector de agua y saneamiento. Conclusiones Finales"(Dic.1991).



Todo lo expuesto respalda la necesidad de optimizar la formulación de este tipo de proyectos y determinar la rentabilidad de los mismo para fines de priorización. Para una mejor comprensión del tema se presenta en este capítulo en detalle los elementos principales que componen un sistema sanitario tanto de agua potable y alcantarillado, para las áreas urbanas y rurales.

## **1.2 Problemas asociados a la falta de un sistema sanitario**

En comunidades urbanas y rurales se observan familias con problemas asociados al consumo de agua y de evacuación de aguas servidas y excretas, causados por que no cuentan con sistemas eficientes, o por que éstos se encuentran en mal estado de funcionamiento.

Los problemas que se presentan con mayor frecuencia y que implican mayores dificultades son los que se enumeran a continuación:

- i. Anegamiento de los sectores adyacentes a la vivienda, como consecuencia de la evacuación superficial de las aguas servidas o residuales. La carencia de un adecuado sistema de evacuación de aguas residuales implica que las familias del lugar generarán sus propias soluciones individuales, lo cual generalmente ocasiona problemas al entorno, ya sea a su propiedad y/o al resto de la comunidad adyacente. Este problema es particularmente grave en sectores urbanos de alta concentración habitacional, provocando malos olores, escurrimientos superficiales, etc. Los sistemas adoptados, por las familias que no disponen de un sistema de alcantarillado en base a redes de colectores públicos, de mayor utilización son: letrinas, pozos negros y el de mayor eficiencia entre éstos el conjunto fosa séptica y pozo absorbente. Este último sistema necesita una mantención periódica, servicio ofrecido normalmente por los Municipios locales.
- ii. Bajos consumos de agua potable por que no cuentan con sistemas eficientes de abastecimiento y evacuación. Existen necesidades fundamentales de agua, referidas a su cantidad para consumo (beber y cocinar preferencialmente) y para higiene, así como condiciones de potabilidad para su utilización. Beber y cocinar son los usos prioritarios que se dan al agua y, después de ellos, se atiende a las necesidades de higiene como: lavado de manos, cuerpo, utensilios, ropas, etc. El consumo mínimo de cada comunidad es objeto de estudio ya que el mismo depende de variados factores entre los cuales se pueden mencionar

como más relevantes los siguientes: desde luego el mas importante el precio o costo de obtener el agua, el precio de otros bienes relacionados, el ingreso familiar, el clima, y otras características de la comunidad.

- iii. Propagación e incremento de enfermedades relacionadas con el aparato digestivo, debido a la mala calidad del agua que los pobladores deben consumir y usar en el lavado de sus alimentos. Las fuentes de agua de uso mas frecuente utilizadas por las familias que no disponen de agua potable son: pozos propios con extracción manual del agua o a través de motombas eléctricas; acarreo desde una fuente distante como vertientes, norias, esteros, y otras fuentes de superficie; compra de agua a surtidores particulares (aguateros, camión aljibe, otros); etc. Todas estas fuentes de agua tienen en común que las familias desconocen la calidad de la misma, es decir pueden contener elementos sobre lo aceptable para el consumo humano y adicionalmente no son desinfectadas. A lo anterior se agrega los problemas sanitarios que ocasiona la manipulación inadecuada y la acumulación del agua en condiciones poco seguras.
- iv. La falta de artefactos sanitarios en la vivienda que ocasiona molestias e incomodidades. Esto es particularmente grave en las zonas de climas rigurosos.
- v. Efectos negativos que se presentan en el entorno de la vivienda, por la aparición de focos infecciosos, malos olores e insectos, que afectan a los habitantes de ésta, como al resto de la población, problemas que en su conjunto representan condiciones generales de insalubridad y mala calidad de vida de la población.

Los problemas citados se agudizan aún mas en los sectores pobres de las ciudades o en aquellas localidades poco desarrolladas, debido a las condiciones de hacinamiento en que se encuentran sus habitantes y la carencia de recursos económicos que no les permiten superar esta situación por sí solos.

Cada familia, de acuerdo a sus recursos, trata de dar solución a los problemas de abastecimiento y consumo de agua potable, como así tambien a los de la evacuación de las aguas servidas y excretas. La situación más precaria, es aquella en que el abastecimiento de agua se realiza desde una fuente

lejana a la vivienda, de calidad no conocida, mediante el acarreo de agua en diversos tipos de recipientes y la evacuación de las aguas se efectúa en forma superficial, eliminándose las excretas mediante el uso preferentemente de una letrina. Una situación mejorada para la evacuación de las aguas servidas son los pozos negros, que consisten en excavaciones en el terreno del sitio de la vivienda para contener por un tiempo e infiltrar estas aguas. Esta situación es ineficiente cuando las condiciones de permeabilidad del suelo no son las adecuadas, lo que obliga a rehacerlos cada vez que éstos se llenan.

En algunos casos se encuentran también situaciones de consumo de agua potable superiores al logrado por acarreo desde una fuente distante, pero que aún presentan problemas por no contar con sistemas eficientes de evacuación. Estos casos se presentan en aquellas localidades que cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable que entrega el agua dentro del sitio o de la vivienda.

La solución a estos problemas se logra a través de la ejecución de proyectos, que consisten en dotar a las comunidades de sistemas de saneamiento más desarrollados a los que actualmente disponen. Estos sistemas de saneamiento incluyen el sistema de abastecimiento de agua y el de evacuación de aguas servidas y excretas y un adecuado tratamiento final de las mismas.

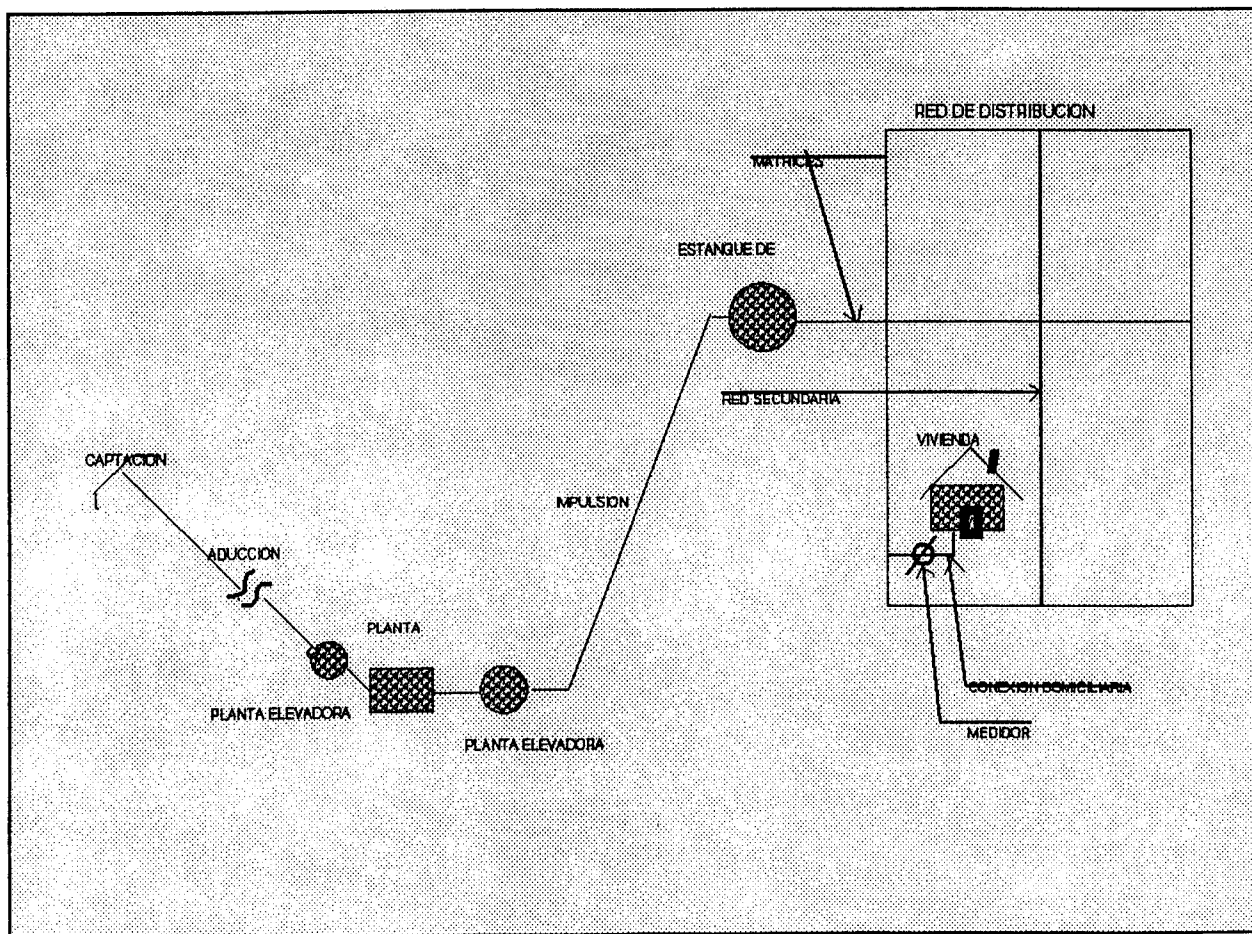
### **1.3 Descripción de un sistema de agua potable**

#### **a) Componentes del sistema físico**

Se denomina un **sistema eficiente de agua potable (AP)**, a un conjunto de obras destinadas a dotar de agua apta para el consumo humano a los pobladores de una comunidad. En general, el sistema para el abastecimiento, está compuesto de unidades de captación del agua (pozos, tomas de cursos superficiales de agua, otros), conducción (sistema de cañerías para el transporte), tratamiento (obras para abatir sustancias y elementos no deseables presentes en el agua), regulación y almacenamiento (volúmenes de agua destinados a dar continuidad y seguridad en el abastecimiento a la población), redes de distribución y arranques domiciliarios (para hacer llegar el agua a las viviendas); todas ellas diseñadas y construidas para cumplir su objetivo. En algunos casos, cuando las condiciones locales lo hacen necesario se complementa el sistema con estaciones elevadoras de presión para salvar zonas de diferente nivel o alimentar un estanque elevado.

La figura 1 muestra un esquema simplificado del sistema de agua potable con la relación que existe entre las diferentes unidades que lo componen. El flujo del agua es desde la captación, hacia el estanque a través de la conducción. Desde el estanque el agua es distribuida a los distintos sectores de la ciudad por medio de las redes de distribución, hasta entregar finalmente el agua a las viviendas mediante los arranques domiciliarios. Estos últimos son cañerías que parten desde la red de distribución, que pasa frente a la vivienda, y se extiende hasta el interior del predio o sitio, terminando en un medidor de consumo y una llave. Desde esta instalación el usuario(suscriptor o cliente) de la Empresa proveedora del servicio, realiza su propia instalación de redes de pequeño diámetro (los mas usuales son de 13 y 15 mm) y los artefactos sanitarios.

**Figura 1:** Sistema de agua potable



A continuación se describen en forma resumida los elementos componentes de un sistema público de agua potable, con referencia a la figura 1 anterior:

- i. Obras de captación, son aquellas que permiten captar el agua desde las fuentes de aprovisionamiento, las que pueden ser superficiales o subterráneas. Si la fuente es superficial (ríos, esteros, lagunas, vertientes y otros afloramientos de agua), se construyen obras laterales o de fondo, mientras que en las subterráneas (pozos, norias, punteras) se extrae el agua mediante el empleo de equipos de bombeo mecánico. Se incorpora en estos sistemas, para fines de control de la producción, medidores de agua de grandes volúmenes.
- ii. Obras de conducción, son aquellas que conducen las aguas desde la captación hasta la planta de tratamiento y/o estanques. Su funcionamiento puede ser gravitacional, en tal caso se les llama aducciones, o bien se requiere de estaciones elevadoras para aumentar la presión del agua y hacerla llegar a un punto de mayor elevación topográfica, en este caso a la conducción se le llama impulsión. Se emplean tuberías de variados diámetros y materiales.
- iii. Obras de tratamiento, permiten purificar las aguas captadas, lográndose su potabilidad mediante diversos procesos tales como: floculación, sedimentación y filtración de las aguas. Estos procesos están destinados a abatir la turbiedad presente en las aguas captadas o algún elemento presente en cantidad superior a lo establecido en las Normas de calidad de agua para la bebida. En todos los casos se agrega un desinfectante como cloro líquido o gaseoso, el cual es utilizado preferentemente por su efecto residual permitiendo una desinfección del agua en su recorrido por aductoras, redes e instalaciones interiores de las viviendas. El uso de compuestos químicos está relacionado con las características físico-químico y bacteriológicas de las aguas crudas.
- iv. La regulación y almacenamiento del agua potable se produce en estanques (reservorios o tanques de acumulación), los cuales pueden ser elevados, es decir montados sobre una torre metálica o de hormigón armado(H.A.), o bien sobre el terreno natural. Su objetivo principal es el de **regular** las variaciones horarias de consumo que se presentan a lo largo del día y entregar una presión adecuada en la red de distribución.

- v. Las redes de distribución están compuestas de tuberías matrices y redes secundarias, que por lo general, son mallas o circuitos cerrados de diferentes diámetros y dotadas de los accesorios correspondientes, tales como: válvulas para cortar o regular el paso de agua por una tubería; grifos para atender siniestros; etc. Estas redes son las encargadas de distribuir el agua a las viviendas.
- vi. Finalmente el abastecimiento de agua de las viviendas se logra a través de las conexiones domiciliarias, considerándose como conexión regular aquella que cuenta con un sistema de medición domiciliaria del consumo. Conexión irregular es aquella que no cuenta con medidor.
- vii. Cuando no se dispone de conexiones domiciliarias, el sistema contempla pilones públicos (pilas), desde los cuales los habitantes del sector se abastecen de agua potable por acarreo. Este sistema a pesar de no ser óptimo, corresponde a una solución aceptable cuando la Empresa o el Estado no están en condiciones de atender los múltiples requerimientos de inversión en el sector. Sin embargo se debe tener presente que esta solución debe atender una reducida área, de manera que la distancia del acarreo de agua no sea un elemento por el cual el consumidor opte por una alternativa en base a agua no potable.

b) Calidad y capacidad del servicio

Estos servicio de abastecimiento, están sometidos a la exigencia de ciertos estándares de calidad del servicio, entre los mas importantes se pueden destacar los siguientes:

- Calidad del agua potable
- Cantidad de agua potable
- Presión del agua en las redes
- Continuidad del suministro

Las condiciones de calidad del agua la fijan la Norma pertinente. Teóricamente toda agua podría transformarse en potable al someterse a un proceso de tratamiento adecuado. Mediante el tratamiento es posible reducir aquellos valores de elementos que sobrepasan los límites aceptables a los que fija la norma respectiva. La Norma establece requerimientos físicos, químicos y bacteriológicos que aseguren la inocuidad del agua entregada para el consumo.

En cuanto a cantidad de agua, un servicio debe proyectarse y construirse de modo que permita atender en forma oportuna y en todo momento, dentro de un período preestablecido, la demanda en cualquier parte del área de atención de dicho servicio. La demanda es la cantidad de agua que consume una familia, teniendo presente entre otras las siguientes variables: precio del agua, ingreso de la familia, tipo de sistema de disposición de excretas, clima, costumbres, etc.

La continuidad del suministro obedece a una adecuada mantención del servicio, por una parte, y a la existencia de volúmenes de regulación que consideren el abastecimiento con igual presión ante variaciones en la demanda diaria y horaria, incluso frente a la presencia de un siniestro.

c) Capacidad de los elementos del sistema

La capacidad de los elementos de los sistemas de agua potable y alcantarillado se mide utilizando los siguientes dos conceptos:

- i. Para los estanques de regulación se utiliza el concepto de volumen y las unidades más usadas son el metro cúbico ( $m^3$ ) y el litro (l). La conversión de estas unidades establece que  $1 m^3$  equivale a 1.000 litros.

La capacidad de los estanques se mide habitualmente en metros cúbicos ( $m^3$ ). Los volúmenes más usuales son aproximadamente de 5 a  $60 m^3$ , para poblaciones rurales con tamaño de población de 150 a 3.000 habitantes. En los sistemas rurales de agua potable no es exigible un volumen de incendio para los estanques, como si ocurre en los sistemas urbanos. Para poblaciones de localidades urbanas se utiliza una amplia variedad de volúmenes de estanque, dependiendo del tamaño de la población y los niveles de agua demandada. Sin embargo los tamaños mínimos no son inferiores a  $150 m^3$ , salvo que se trate de un sector pequeño de la ciudad que deba contar con su propio estanque.

- ii. Para los ductos o tuberías, tales como: aducciones, impulsiones, matrices y redes, se utiliza lo que se ha denominado caudal, el cual corresponde a la cantidad de agua (litros,  $m^3$ ) que escurre por un ducto por unidad de tiempo. Las unidades de tiempo más utilizadas son los segundos (s) y horas (h). Por lo tanto el caudal se puede expresar de la siguiente forma:

$$CAUDAL = VOLUMEN \text{ DE AGUA } / UNIDAD \text{ DE TIEMPO}$$

Donde:

El *volumen* se mide en litros o m<sup>3</sup> de agua que transporta la tubería.

El *tiempo* se mide habitualmente en segundos, hora, día.

Por tanto las unidades de medición del caudal y su equivalencia en distintas unidades de medición son las siguientes:

$$1 \text{ m}^3/\text{s} = 3.600 \text{ m}^3/\text{h} = 1.000 \text{ l/s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ l/h}$$

El caudal permite conocer la capacidad de una fuente de agua o de una tubería de conducción. En el caso de una fuente para un servicio rural es común que el caudal o capacidad de la misma sea del orden de 0,5 a 6 l/s, para una población de 10.000 habitantes la fuente necesaria debe tener una capacidad del orden de los 30 l/s, dependiendo de la demanda per cápita, entre otros aspectos.

Por otra parte la demanda por agua potable y la disposición de aguas servidas y excretas se mide en lo que se ha denominado "dotación", la cual se expresa en cantidad de agua por unidad de tiempo y por persona, correspondiendo a un valor medio observado. Las unidades de este parámetros son litros/habitante/día (l/h/d) o m<sup>3</sup>/familia/mes. En sistema rurales la dotación es del orden de 80 l/h/d, esto equivale aproximadamente a una dotación de 12 m<sup>3</sup>/familia/mes [80\*30 días\*5 habitantes/1000]. Se ha supuesto en el cálculo un tamaño de la familia de 5 personas. En los sistema urbanos se observan dotaciones de 100 a 200 l/h/d para familias de ingresos bajos y medios. Manteniendo un tamaño de la familia de 5 habitantes, dichas dotaciones urbanas equivalen a 15 y 30 m<sup>3</sup>/familia/mes.

La demanda total, sobre el sistema de agua potable, se determina en base al valor medio de la dotación y el total de beneficiario y su valor se expresan en forma de caudal demandado (agua potable) o vertido (aguas residuales y excretas).

La importancia de estos conceptos es que permiten definir, en base a un balance entre la oferta del sistema existente (cuando corresponde) y la demanda estimada, los requerimientos de infraestructura de estos servicios.



d) Eficiencia en la medición de los volúmenes de agua

En estos sistema es de particular importancia contar con medidores para controlar el agua producida en la (s) fuente (s) de agua y en las viviendas conectadas al sistema de agua potable, ya que con ellos se pueden lograr mejoras importantes como las siguientes:

- Los niveles de pérdidas de agua por fugas o desperdicios propios de una operación deficiente o bien por la existencia de conexiones clandestinas. Muchas veces un programa de reducción o control de pérdidas de agua es suficiente para eliminar los déficit de agua que presenta un sistema, permitiendo atender adecuadamente la demanda de los consumidores actuales e incluso incorporar nuevos consumidores, postergando de este modo inversiones en obras de ampliación del sistema actual.
- Evitar el derroche de agua que realizan los consumidores cuando no se registra el consumo de la vivienda y por tanto enfrentan una tarifa en base a un cargo fijo, es decir independiente del agua consumida. La falta de control en el consumo domiciliario conlleva el sobredimensionamiento de los sistema y una ineficiencia económica que afecta a la sociedad en su conjunto. La presencia de medidores domiciliarios unido a la aplicación de una tarifa con un cargo variable tiene la ventaja de entregar una señal clara al consumidor de su nivel de demanda al precio que enfrenta para obtener el agua. Para las familias de escasos recursos es eficiente implementar un subsidio de manera que asegure un consumo básico mínimo de las mismas.
- Un eficiente control de la operación en su conjunto. La instalación de sistemas de medición de volúmenes de agua potable, unido a otros elementos de control permiten optimizar la operación del sistema, lográndose de esta forma un servicio (abastecimiento) continuo, con presiones aceptables en toda la red de distribución. Del mismo modo se eliminan los rebalses de estanques (pérdidas de agua) y se logra un control por sectores de la red para identificar con mayor prontitud fugas o robos de agua.

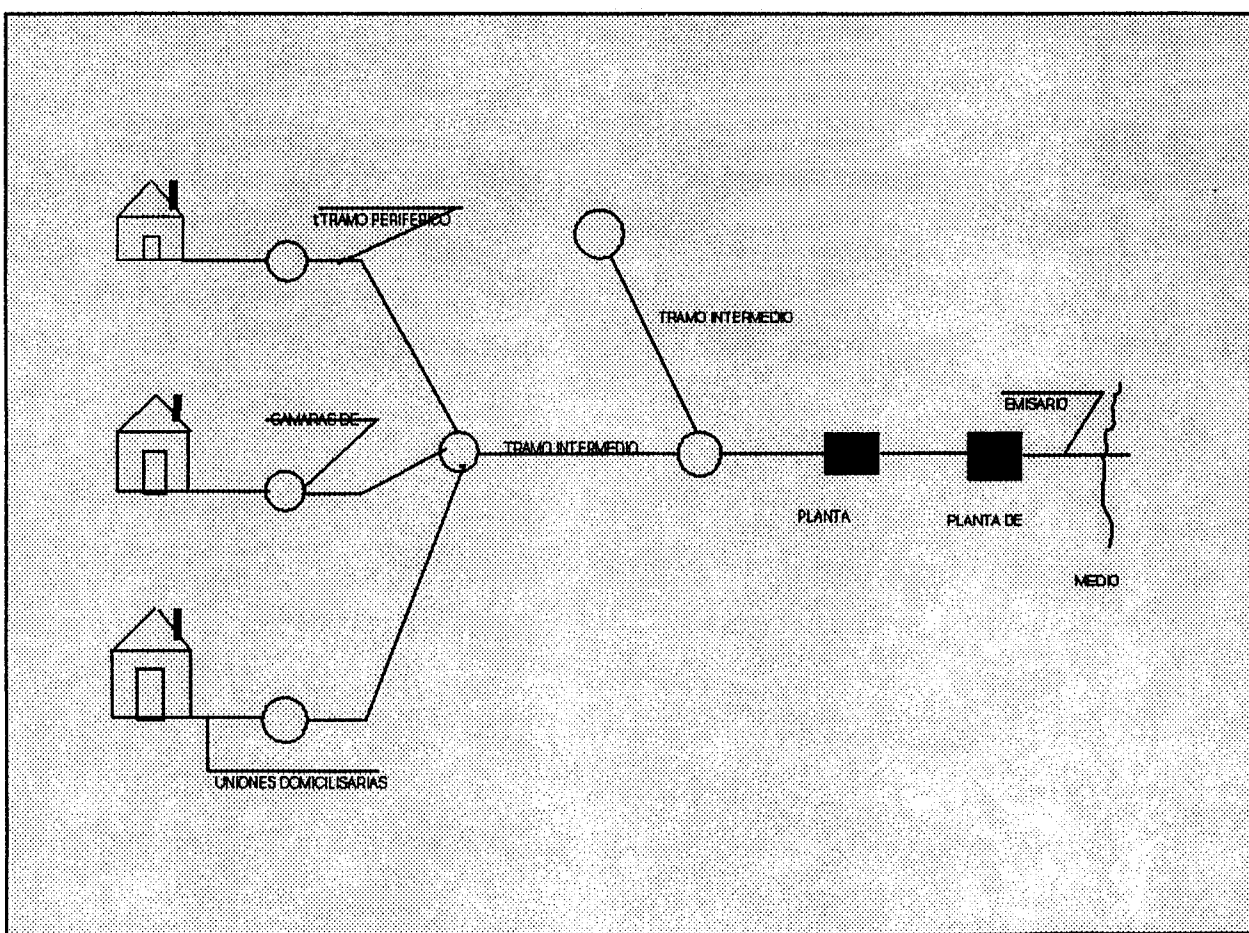
#### **1.4 Descripción de un sistema sanitario de disposición de aguas servidas**

Un sistema eficiente de evacuación de aguas servidas y excretas (EASE), es un conjunto de obras destinadas a captar, conducir y disponer finalmente en un medio receptor, las aguas servidas y excretas generadas en el interior de una vivienda.

Esto se puede lograr a través de dos sistemas de diferentes características. Uno consiste en una red de alcantarillado y otro mediante el uso de fosas sépticas.

Un sistema de alcantarillado en base a redes de colectores, ver figura 2 (página 17), está compuesto por los siguientes elementos principales, detallado en el sentido de escurrimiento de las aguas servidas (residuales o negras) :

**Figura 2:** Sistema de alcantarillado



- i. Instalaciones al interior de la vivienda, corresponde a los artefactos y cañerías que permiten recoger y evacuar las aguas servidas (denominadas también residuales o grises) y excretas del interior de la vivienda. Estas obras son costeadas normalmente por las familias al conectarse al sistema de redes de alcantarillado, lo cual constituye para aquellas de bajos ingresos una

dificultad que normalmente no pueden salvar con sus propios medios. Adicionalmente algunas Empresas prestadoras de servicios de agua potable y alcantarillado exigen un "aporte" para incorporarse al sistema de redes de alcantarillado, tratando de ese modo de recuperar parte de los costos de inversión utilizado en las obras de instalación de redes. Estos costos que debe absorber la familia interesada en recibir los beneficios del sistema de alcantarillado, desincentivan a las de menos recursos económicos, lo cual implica una subutilización de una valiosa inversión. Además, la baja tasa de conexión genera problemas operacionales del sistema de redes ya que se necesitan caudales mínimos para el denominado "autolavado" de las redes. Sin duda que este es un punto de gran importancia, para el cual las Empresas deben buscar una solución tendiente a eliminar las trabas de incorporación al sistema y en lo posible los Gobiernos generar programas de financiamiento de soluciones sanitarias para las familias de menores recursos.

- ii. Unión domiciliaria (U.D.) o conexión, es la tubería que une la red principal, que pasa frente a la vivienda, con las instalaciones interiores de la vivienda, la cual permite evacuar las aguas servidas y excretas provenientes de la misma hacia la red de colectores.
- iii. Las redes de colectores son por lo general, tuberías enterradas que conducen gravitacionalmente las aguas servidas y excretas hacia emisarios o colectores interceptores. Cuando las condiciones topográficas de la localidad lo exigen es necesario instalar estaciones de bombeo de las aguas servidas.
- iv. Los emisarios son tuberías de mayor diámetro que las redes y están destinados a recolectar todas las aguas servidas de la localidad o sectores de la misma y transportarla al lugar de disposición final. Igual finalidad cumplen los denominados colectores interceptores.
- v. Finalmente las aguas recolectadas son evacuadas a los cursos (ríos, esteros, canales, otros escurrimiento de superficie) o cuerpos receptores (lagunas, lagos, mar), para lo cual previamente se deben someter las aguas a un tratamiento de manera de dejarlas aptas para usos posteriores del curso o cuerpo receptor. Las obras de tratamiento implican elevadas inversiones razón que sirve de justificación a las Empresas para explicar los elevados niveles de contaminación que sufren los ríos, playas y otros medios receptores. La ausencia de tratamiento en ocasiones provoca mayores problemas sanitarios que las soluciones individuales que utilizaban las viviendas antes del proyecto de redes.

Respecto al segundo de estos sistemas, la EASE se realiza a una fosa séptica, que son cámaras enterradas que reciben, decantan y contienen las aguas por un cierto tiempo, permitiendo que luego éstas se infiltren en el subsuelo, a través de un pozo absorbente. Estas unidades pueden ser utilizadas por una vivienda o para un conjunto reducido de ellas y corresponde a soluciones aceptadas como sanitariamente adecuadas. Sin embargo el elevado costo de las mismas, unido a mayores requerimientos de mantención y limpieza periódica, implica que su uso se limite a sectores de mayores ingresos exclusivamente.

## 2. Aspectos generales

*El objetivo de este capítulo es presentar algunos conceptos básicos que dan un marco general a la guía y ayudan a una mejor comprensión de aspectos tratados más adelante. Se discute la importancia de preparar y evaluar los proyectos y el concepto de equidad aplicado al sector. Enseguida, se describe el ciclo de vida de los proyectos y se analizan sus particularidades para proyectos del sector.*

### 2.1 La importancia de una buena identificación, preparación y evaluación

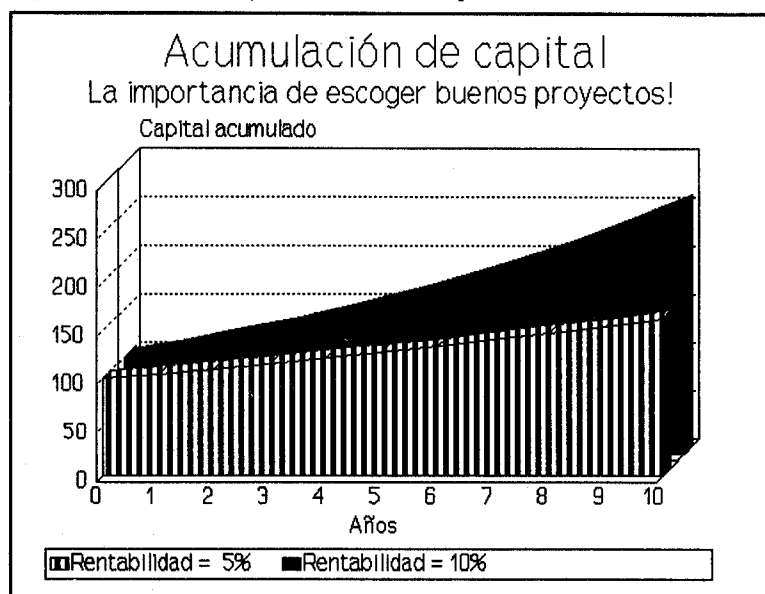
Tal como se mencionó anteriormente, el proceso de desarrollo de un país está íntimamente ligado a la inversión que en él se realice y su calidad. Esta se interpreta como la efectividad y eficiencia con que se consiguen los objetivos fijados para el programa de inversiones. La inversión será efectiva cuando ella permita alcanzar los objetivos deseados. Será además eficiente cuando consiga los objetivos al menor costo posible.

La calidad de la inversión pasa, necesariamente, por una buena asignación de los recursos. Para ello, es indispensable identificar los mejores proyectos, que son en definitiva los que más contribuyen al desarrollo. Es precisamente en este punto donde la evaluación de proyectos juega un rol muy importante, por cuanto permite medir la contribución de los proyectos al proceso de desarrollo.

La importancia de elegir los proyectos mas rentables se ilustra en la figura 3. En este caso hipotético se supone que se invierte en proyectos que al año retornan el capital invertido más una cierta utilidad (rentabilidad porcentual), recursos que se reinvierten todos al año siguiente en proyectos de iguales características. Se aprecia que al cabo de diez años y con una tasa de rentabilidad de un 5%, el capital habrá aumentado en un 63 %. En cambio, si se logra invertir en proyectos con una rentabilidad del 10% anual, el capital aumentará en un 159%, con lo cual el inversionista será un 59% más rico que en el caso anterior.

La evaluación social de proyectos tiene como objetivo identificar y valorar la contribución de un determinado proyecto al desarrollo de un país. Le interesa identificar los efectos en toda la sociedad. Si los beneficios que recibe la sociedad de un proyecto son mayores que los costos en que incurre para realizarlo, entonces el proyecto será rentable<sup>4</sup>. Sin embargo, en el caso de los proyectos sociales, como los de educación, salud y vivienda, es

**Figura 3: Rentabilidad y acumulación de capital.**



muy difícil determinar en términos monetarios los beneficios que recibe la sociedad al realizarlos.

Es usual que la naturaleza de los proyectos sociales genere espontáneamente consenso sobre la necesidad e importancia de ejecutarlos. Se asume en forma inmediata la conveniencia de llevarlos a cabo. Sin embargo, aún cuando exista la convicción de la conveniencia de ejecutarlos, es de suma importancia analizarlos y evaluarlos; ya que de este análisis se extraen respuestas a una serie de interrogantes fundamentales para su ejecución y puesta en marcha.

Si bien es cierto que por lo general no se duda de la rentabilidad de estos proyectos, ello no significa que deban emprenderse sin mayores estudios, además debe tenerse presente que las necesidades normalmente exceden a los recursos disponibles en un período y por tanto la determinación de la rentabilidad de los proyectos sirve para priorizar los mismos. Es necesario conocer bien el problema y todas las alternativas de solución. Ello permitirá responder preguntas tales como: ¿La solución será vía infraestructura u otros?, ¿dónde se localizará el proyecto?, ¿quienes serán los beneficiarios?, ¿duración del proyecto?, etc.

<sup>4</sup> Cuando los beneficios y costos de un proyecto ocurran en distintos años, estos deben ser actualizados a una misma fecha a fin de poder compararlos.

Para responder adecuadamente estas preguntas, es fundamental una buena preparación de los proyectos. El proceso de identificación y preparación reúne información básica y determinante para decidir con mayor seguridad que acciones tomar. En este sentido, es muy importante indagar, investigar y analizar hasta el punto donde se tenga la total convicción de que se ha identificado la mejor alternativa de proyecto, que tendrá como resultado optar por la forma más eficiente de alcanzar el objetivo deseado.

**Recuadro 1: El enfoque de necesidades básicas**

### **El Enfoque de Necesidades Básicas**

Este enfoque, propuesto por H. Harberger en 1984, postula que las personas están dispuestas a pagar (por ejemplo impuestos) para que a otras personas se les entregue un bien o servicio que se considera indispensable para vivir dignamente o desarrollarse. En esta categoría caen los programas de nutrición, salud, educación y vivienda básica a los más pobres. En el caso de un proyecto de agua potable y alcantarillado, la sociedad estará dispuesta a pagar (vía subsidio) para que un consumidor pobre tenga acceso a los referidos servicios básicos.

Aplicando este enfoque, cuando se afirma que existe consenso en la necesidad de realizar un proyecto social, quiere decir que la sociedad está dispuesta a pagar para que a un determinado grupo, considerado pobre, se le brinde un servicio que ellos no están en condiciones de adquirir por sí mismos. Es decir, la sociedad percibe que recibe un beneficio mayor que el pago que realiza.

## **2.2 La equidad en los proyectos**

"Equidad significa igualdad de oportunidades para participar en la procura del bienestar y de las posiciones y posesiones sociales. Ello requiere de la eliminación de las discriminaciones y privilegios establecidos en los distintos sistemas, tanto de aquellos establecidos jurídicamente, como de aquellos basados en las estructuras económicas, sociales y políticas.

El tipo de ocupación, el nivel de ingreso, los logros educacionales, el tipo de familia, la localización urbana o rural, la influencia política, entre otros, son factores que afectan de manera decisiva las oportunidades de vida. Si hay una diferencia demasiado aguda en estos planos, existirá también una marcada desigualdad de oportunidades."<sup>5</sup>

Además de la inversión en las "máquinas", las concepciones más modernas para explicar el crecimiento económico le atribuyen un rol muy importante a la inversión en las "personas". En este contexto, actualmente existe un claro reconocimiento del rol que cumplen la salud y la educación en

<sup>5</sup> La Equidad en el Panorama Social de América Latina durante los Años Ochenta. CEPAL.

el proceso de desarrollo de un país. La generación de capacidades y destreza para alcanzar este proceso depende fundamentalmente del nivel de salud de la población, el que se evidencia principalmente en el estado nutricional de los niños. Es de todos sabido, que los menores con bajo nivel nutricional presentan serias deficiencias de aprendizaje y graves problemas en el desarrollo motor. Estas alteraciones causadas por problemas en la salud, repercuten en el desarrollo y oportunidades que pueden alcanzar las personas, puesto que les limita el acceso a mejores oportunidades de educación, siendo ésta, otro de los pilares esenciales que contribuyen al desarrollo de los países.<sup>6</sup>

Invertir en las personas como forma de incrementar el capital humano de un país, es un factor necesario para el desarrollo. Sin embargo, para que el crecimiento del país beneficie a toda la sociedad y no a algunos pocos, debe existir igualdad de oportunidades. Esta igualdad de oportunidades depende en forma importante del acceso a condiciones sanitariamente aceptable en el entorno y al interior de las viviendas de las familias, lo cual tiene fuerte incidencia en la salud de las personas. De ahí la relevancia de que el acceso al saneamiento básico (agua potable y alcantarillado) sea lo más equitativo posible.

En todo el mundo, existen diferentes grados de pobreza y en particular, América Latina y El Caribe, presentan una elevada tasa de personas en esa condición. En este sentido, la inversión en agua potable y saneamiento se justifica desde el punto de vista de la salud de las personas y la protección al medio ambiente al eliminar los focos individuales y agregados que provocan las aguas residuales. Los efectos negativos de un deficiente sistema de abastecimiento de agua y disposición de aguas residuales implican problemas de salud situación que se torna más grave en los pobres, porque sus ingresos dependen por completo del trabajo físico y no disponen de ahorro que les permita solventar la enfermedad. Adicionalmente la falta de un abastecimiento intradomiciliario de agua implica que los miembros de la familia deban destinar parte de su tiempo a la búsqueda de agua desde fuentes lejanas a la vivienda.

Así, desde el punto de vista económico, el gasto en adecuados sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento es una inversión productiva, ya que puede elevar los ingresos, especialmente entre los

---

<sup>6</sup> Ver Capítulo 1, punto 1.2.: Guía para la identificación y formulación de proyectos de educación.



pobres, aliviar el sufrimiento humano que conlleva la mala salud y generar un medio ambiente adecuado a distintas formas de recreación y a la vida acuática.

Entonces, desde la perspectiva de los proyectos, la equidad consistirá en el mejoramiento del acceso a los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento, especialmente de las poblaciones pobres. Para incorporar a los sectores de menores ingresos a estos servicios básicos es necesario complementar las obras de infraestructura en redes de agua potable y alcantarillado con programas de instalaciones sanitarias al interior de

la vivienda, tales como casetas sanitarias, asegurando de esta forma la conexión de las viviendas a las redes mencionadas. Sin duda que lo óptimo es la instalación de ambos servicios básicos ya que son absolutamente complementarios, el disponer de agua potable y en mayor cantidad que con sistemas precarios sin la posibilidad de evacuación de las aguas residuales puede provocar mayores problemas ambientales.

En estricto rigor para los sectores mas pobres es indispensable contar con programas de mejoramiento integral que incluyan no sólo acceso a los servicios básicos de agua potable y saneamiento sino que apunten a un mejoramiento de las condiciones básicas del barrio.

### 2.3 Ciclo de los proyectos

El objetivo de este punto es mostrar el recorrido que siguen todos los proyectos de inversión, desde la generación de la idea hasta su puesta en funcionamiento. En este recorrido, los proyectos son sometidos a distintas evaluaciones cuya complejidad depende del estado en que se encuentren.

**Recuadro 2: Equidad en el acceso al agua potable y saneamiento**

#### **Condiciones necesarias para lograr Equidad en el Acceso a los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento**

Algunas políticas, condiciones y acciones que promueven una mayor equidad en el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento son:

- Inversiones suficientes en infraestructura para generar la capacidad de entregar a todos acceso a estos servicios básicos.
- Implementar programas de casetas sanitarias o mejoramientos de barrios, incorporando a los beneficiarios con aportes en mano de obra.
- Concesión de subsidios al consumo de manera de asegurar un consumo básico de agua potable, de manera que el beneficiario realice un aporte a la tarifa de acuerdo a la capacidad de pago de los mismos, lo cual incentivará a evitar derroches de agua.
- Amplias campañas de educación sanitarias para promover la importancia de una adecuada higiene y utilización de los referidos servicios básicos.

Un **proyecto de inversión** es la decisión sobre el uso de recursos con el objetivo de incrementar, mejorar, mantener o recuperar la producción de bienes y/o prestación de servicios y/o la capacidad de generación de beneficios de un recurso humano o físico. El proyecto podrá materializarse en una obra física (por ejemplo la extensión de redes de agua) o en una acción específica (por ejemplo un programa de instalación de casetas sanitarias).

Todo proyecto sigue una trayectoria que se materializa, como se mencionó anteriormente, en una obra física o en la implementación de una acción determinada. La transformación de simples ideas de inversión hasta la puesta en marcha o implementación de ellas es lo que se denomina el ciclo de los proyectos. Cada una de las etapas de esta transformación requiere de recursos humanos, materiales, financieros, de información, etc. que van agregando valor a las ideas. Si bien es cierto que este proceso adquiere en la práctica matices diferentes para cada caso, es posible visualizar características que permiten una cierta generalización del mencionado proceso de transformación.

En la trayectoria de los proyectos se pueden distinguir tres estados sucesivos: **preinversión, inversión y operación**. El estado de preinversión corresponde a todo el proceso que se realiza para identificar un problema, formular el proyecto y evaluar la iniciativa con el objetivo de determinar si es conveniente ejecutarla o no. Si la decisión es de ejecutarla, se pasa al estado de inversión, donde se realiza el diseño o proyecto de ingeniería de detalle y/o el cronograma detallado de actividades, y la ejecución de la obra o implementación de las actividades. Finalmente, en el estado de operación se pone en marcha la obra terminada o el plan específico a seguir, de acuerdo a lo proyectado. En este estado se comenzarán a generar los beneficios estimados en la preinversión.

### **2.3.1 Estado de Preinversión**

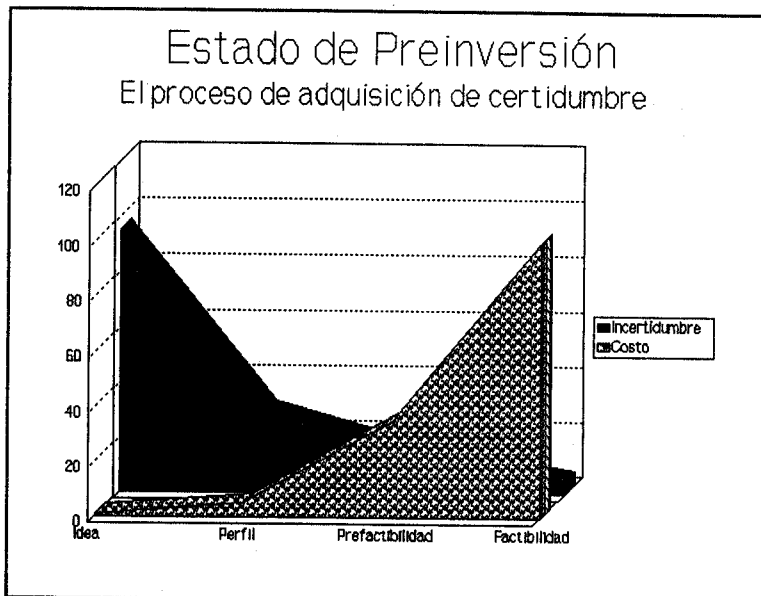
La selección de la alternativa que se transformará en el proyecto y la decisión sobre la conveniencia de ejecutarla requiere seguir una serie de etapas. El grado de complejidad que alcanzan los estudios dentro de la preinversión está asociado a la etapa y depende de la complejidad y costo del proyecto.

Se distinguen las siguientes etapas:

- Generación y análisis de la **idea** de proyecto
- Estudio a nivel de **perfil**
- Estudio de **prefactibilidad**
- Estudio de **factibilidad**

Cada una de estas etapas puede tener como resultado decisiones tales como: pasar a una etapa sucesiva, paralización temporal del estudio en la etapa alcanzada o dar por terminados los estudios ya que en ese punto se logró el nivel de detalle suficiente para tomar la decisión de ejecutar el proyecto o abandonarlo definitivamente. A través de estas etapas se va precisando el problema a solucionar,

Figura 4: El costo de la certidumbre.



los bienes o servicios que serán otorgados, las alternativas técnicas más convenientes y sus respectivos costos y beneficios. Por lo tanto, constituyen un proceso gradual de "compra" de certidumbre, donde la complejidad de los proyectos va a exigir pagar más por el nivel de detalle y profundidad de los estudios (ver Figura 4).

#### a) Generación y análisis de la idea

En esta etapa, producto de un diagnóstico preliminar, o en algunos casos a petición de la comunidad, se detecta una necesidad insatisfecha o problema a resolver, el conjunto de posibles beneficiarios, la localización geográfica y los objetivos que se espera alcanzar con el proyecto. Por último, se generan algunas posibles alternativas de solución.

#### b) Estudio a nivel de perfil

En esta etapa se incorpora información adicional y se precisa la proveniente de la etapa anterior. La elaboración del perfil debe incluir un análisis preliminar de los aspectos técnicos, del mercado, de beneficios y costos, además de la evaluación a ese nivel. Para su realización se deben utilizar los datos y la información con que se cuenta, sin incurrir en mayores costos adicionales para su obtención. El perfil permite analizar la viabilidad técnica-económica de las distintas alternativas propuestas, descartando aquellas que no son factibles de ejecutar. Sin embargo, dado el nivel de información que se maneja en esta etapa, el descarte de alguna alternativa debe ser cuidadoso y en última instancia dejar esta decisión para etapas posterior con un mayor grado de información y estudios básicos de respaldo de la decisión.

Cabe destacar que en la etapa de perfil se logra una gran disminución de la incertidumbre a un costo bastante bajo. Por ello, la preparación de buenos perfiles de proyectos es de suma importancia, ya que puede evitar incurrir en costosos estudios para proyectos no viables. Un aspecto a destacar en esta etapa es la conveniencia de aportar el mayor nivel de información posible sobre la situación actual de los sistemas en uso, lo cual permite establecer la situación base sobre la que se trabajará el proyecto.

**c) Estudio de prefactibilidad**

En esta etapa se precisa con mayor detalle la información proveniente del perfil y se incorporan datos adicionales que permitan descartar ciertas alternativas y perfeccionar las restantes. Con el conjunto de alternativas preseleccionadas se hacen las evaluaciones técnicas y económicas, con el propósito de establecer cual es la mejor alternativa de proyecto. Si dos o mas de las mejores alternativas tiene variaciones poco significativas es conveniente mantenerlas hasta una etapa posterior.

**d) Estudio de factibilidad**

Este estudio debe enfocarse al examen detallado de la alternativa que se ha considerado más viable en la etapa anterior. Esto significa poner el esfuerzo en medir y valorar en la forma más precisa posible sus beneficios y costos. Se debe profundizar en el análisis y el estudio de variables que inciden en el proyecto.

Una vez que el proyecto ha sido definido y caracterizado, deben optimizarse todos los aspectos relacionados con la obra física, el programa de desembolsos de inversión, programa de ejecución, puesta en marcha y operación, con el objeto de hacer más eficiente todo el proceso.

Cabe hacer presente que estas sucesivas etapas pueden, en la práctica, agruparse en dos fases, la primera comprende las etapas de idea y perfil. En efecto la idea puede plasmarse en un documento que en definitiva constituye el perfil del proyecto, esta labor la puede desarrollar un profesional del nivel local porque no requiere de estudios especiales de ingeniería. La otra fase estará compuesta por las etapas de prefactibilidad y factibilidad, en la cual se realiza un estudio detallado de caracterización del problema, un análisis de la demanda en un horizonte definido y las alternativas técnicas para resolver los problemas actuales y atender la demanda esperada. Culmina el estudio con un análisis de mínimo costo para determinar la alternativa óptima y un análisis de rentabilidad de la misma. En

esta fase se incorporarán estudios básicos mínimos necesarios para asegurar la viabilidad técnicas de las alternativas, tales como estudios hidrogeológicos, análisis hidráulicos de verificación y otros. Esta última etapa deberá ser abordada por un equipo de profesionales.

### **2.3.2 Estado de Inversión**

Este estado es el punto de partida de las acciones tendientes a la ejecución física de los proyectos, de acuerdo a las estimaciones realizadas en el estado de preinversión. En el estado de inversión se pueden distinguir las etapas de:

- **Diseño** del proyecto.
- **Ejecución** del proyecto o acción

#### **a) Diseño**

En esta etapa se elaboran los estudios de ingeniería de detalle del proyecto ,de la alternativa elegida en la etapa anterior, incorporando todos los estudios básicos tales como: análisis hidráulico, mecánica de suelos, proyecto eléctrico, topografía, otros necesarios. Se incluye un presupuesto detallado de las obras proyectadas, los planos generales y de detalle, las especificaciones técnicas generales y específicas de construcción, un programa de conservación y reposición de equipos y maquinarias, y los requerimientos de personal para la operación de las obras.

#### **b) Ejecución**

Corresponde a la etapa donde se realiza el desarrollo de la obra física o la implementación de las actividades programadas.

### **2.3.3 Estado de Operación**

Este estado corresponde a la puesta en marcha de los proyectos de infraestructura. En él se comienzan a concretar los beneficios estimados en la preinversión. En algunos casos se distingue dentro del estado de operación una etapa de puesta en marcha de una etapa de operación plena del proyecto.

## **2.4 La evaluación de los proyectos**

Asociadas a los estados por los que pasan los proyectos están las distintas evaluaciones a las que son sometidos (ver Figura 5). Durante el estado de preinversión se efectúan evaluaciones ex-ante del proyecto (a nivel de perfil, prefactibilidad o factibilidad). En el estado de ejecución se efectúa un

seguimiento físico-financiero del proyecto, evaluando si el avance observado está de acuerdo a lo planificado. Por último, en el estado de operación puede efectuarse un seguimiento del proyecto a objeto de efectuar una evaluación ex-post de él.

Por **evaluación ex-ante** se entenderá la comparación, numérica o no, de los costos y beneficios que se estima generará el proyecto si es implementado. Si dicha comparación se realiza desde el punto de vista de la empresa o entidad que realiza el proyecto será una **evaluación financiera**. En cambio, si la evaluación se realiza desde la perspectiva de la sociedad en su conjunto, se tratará de una **evaluación económica**<sup>7</sup>. Por último,

Figura 5: Estado, etapa y tipo de evaluación

ESTADO	ETAPA	TIPO DE EVALUACION
Preinversión	Idea	Evaluación ex-ante
	Perfil	
	Prefactibilidad	
	Factibilidad	
Inversión	Diseño	Seguimiento físico financiero
	Ejecución	
Operación	Operación	Seguimiento de la operación, Evaluación ex-post

la **evaluación técnica** del proyecto analiza si la alternativa escogida es técnicamente viable.

Por **seguimiento físico financiero** se entenderá el seguimiento que se realiza a un proyecto durante la etapa de ejecución en términos del avance de las obras o acciones (volúmenes de obra, servicios brindados), cronograma y recursos empleados. El objetivo de este seguimiento es detectar desviaciones respecto a la programación inicial del proyecto que sean resultado de problemas en la ejecución. Ello, a fin de adoptar a tiempo medidas que minimicen los efectos (sobrecostos, atrasos) de los problemas que se presenten.

<sup>7</sup> También se conoce a la evaluación económica como evaluación social. Ambos términos se utilizarán como sinónimos en el presente documento. Sin embargo, cabe señalar que algunos autores utilizan el término evaluación económica en el sentido descrito, pero reservan el término evaluación social para designar una evaluación económica a la cual se le han introducido correcciones por concepto de distribución de ingreso.

Por **evaluación ex-post** se entenderá al proceso encaminado a determinar sistemática y objetivamente la pertinencia, eficiencia, eficacia e impacto de todas las actividades desarrolladas a la luz de los objetivos planteados. Es un proceso organizativo para mejorar las actividades que se encuentran aún en marcha y ayudar a la unidad de administración del proyecto en la planificación y programación de decisiones futuras. La evaluación ex-post puede resultar de alta significancia en la formulación y elaboración de futuros proyectos del sector, ya que los resultados de esta evaluación han de servir como retroalimentación para la generación de los mismos. Se puede medir las variables de mayor incidencia en la definición del proyecto, corregir coeficientes o parámetros tomados de recomendaciones efectuadas en estudios de países desarrollados y que se aplican sin mayor análisis en nuestros países, tales como los factores de máximo consumo diario y horario, coeficientes de recuperación en el diseño de redes, los efectos estacionales de la demanda, etc.

Es así que, con el propósito de cerrar el ciclo de un proyecto y de retroalimentar todo el proceso, es recomendable realizar, en las etapas de inversión y operación, un **seguimiento periódico** de aquellas variables que puedan determinar en una evaluación posterior si efectivamente el proyecto está alcanzando (o alcanzó) los objetivos estimados en la evaluación ex-ante.

Ya se señaló que en la etapa de diseño y ejecución se realiza básicamente un seguimiento del gasto y el tiempo necesarios para terminar con el proyecto. Esta información, así como la descripción de los problemas detectados, la solución que se les dio y los resultados que se obtuvieron, debe ser resumida en un **informe de término de proyecto**<sup>8</sup>. Este deberá contener toda la información necesaria para evaluar la eficiencia y efectividad con que se desarrolló la ejecución del proyecto. Además, deberá sugerir las variables que será conveniente seguir en el estado de operación a objeto de poder realizar mas tarde la evaluación ex-post del proyecto.

## 2.5 La trayectoria de los proyectos en el sector agua potable y saneamiento

En lo que se refiere al estado de preinversión, el nivel de complejidad que alcanzan los estudios depende del tipo de proyecto (ver Figura 6), sin embargo en proyectos de pequeña envergadura, tal como la extensión de redes de agua potable y/o de alcantarillado a sectores de la ciudad, el nivel aceptable para decidir el paso a la etapa de inversión es el disponer de un estudio a nivel de perfil.

---

<sup>8</sup> Ver ILPES [1993] y BID [1991]

En efecto dado el proyecto de menor envergadura que se puede considerar, tal como una ampliación de la red, será necesario obtener de la Empresa que administra el servicio de agua potable y alcantarillado, la factibilidad que indique que en el sistema integral existe capacidad para entregar agua o alcantarillado al nuevo sector habitacional.

Normalmente, toda la información necesaria para avalar la decisión de invertir o no, está en manos de la Empresa de agua potable objeto del proyecto, y el Municipio consulta a la referida Empresa.

En general los proyectos de agua potable y alcantarillado requieren estudios bastante acabados para llegar a decidir la conveniencia de ejecutarlo, como asimismo para estimar el tamaño y el momento óptimo de implementarlos. De igual manera es conveniente aportar estudios fundamentados para implementar diversos programas de optimización de los sistemas tales como: detección de fugas, aumento de la cobertura de macromedición, reposición de micromedidores, etc.



### **3 Formulación de proyectos de agua potable y alcantarillado**

#### **3.1 Introducción**

La adecuada formulación de cualquier tipo de proyectos permitirá lograr una inversión eficiente, es decir a mínimo costo y con la mayor rentabilidad en comparación con otras alternativas de solución para los déficit de infraestructura analizados o que dieron origen al proyecto. Por esta razón en el presente capítulo se presenta detalladamente los pasos a seguir en la formulación de proyectos.

Como se señaló en el capítulo 2, el proyecto nace como una idea por los requerimientos de la propia comunidad o por los planes de aumento de cobertura de los referidos servicios por parte del Organismo Público a cargo de los mismos. Esta idea debe plasmarse en un perfil del proyecto en el cual se establezcan en forma explícita los flujos de costos y beneficios que generará el mismo en su fase de operación y durante un horizonte de tiempo previamente establecido.

El denominado Estudio de Factibilidad del proyecto, con un adecuado respaldo en información, permitirá definir en primer lugar los requerimientos de infraestructura en el tiempo, en base a un balance entre la capacidad actual del servicio (Oferta) y los requerimientos o Demanda presente y futura de los beneficiarios del proyecto. En segundo lugar el análisis de todas las alternativas técnicamente viables permitirá seleccionar aquella que presente el menor valor presente de los costos, aceptando que todas las alternativas entregan los mismos beneficios. En resumen las obras se realizarán programadas en el tiempo y la solución adoptada corresponderá a la alternativa de mínimo costo.

Complementa el proceso descrito una evaluación económica, la cual consiste básicamente en un análisis beneficio-costos o costo eficiencia, este último tendiente a simplificar el análisis económico. En esta guía se adoptará un análisis beneficio-costos, en el caso de los proyectos de agua potable y un análisis costo-eficiencia para los proyectos de alcantarillado. Estos análisis permitirán decidir sobre la conveniencia de invertir en un proyecto o postergarlo en beneficio de otros proyectos de mayor rentabilidad y por ende más prioritarios en el sector. Todo el proceso descrito se consigue plenamente si previamente se formula un adecuado análisis de la demanda esperada. Es decir, se trata de demostrar que todo el proceso de formulación es importante para optimizar la inversión y no solo el análisis de rentabilidad. Este es el tema relevante de este capítulo.

### **3.2 Tipologías de proyectos de agua potable**

En el capítulo 2, se expuso con apoyo de un esquema los elementos que componen un sistema de abastecimiento de agua potable y las particularidades de los mismos. Según las características de estos, es posible agrupar los mismos en tipologías de proyectos. A continuación se describen las tipologías de proyectos utilizadas frecuentemente:

i. **Proyectos de Instalación de Servicio.**

Consisten en dotar de un sistema de abastecimiento de agua potable a una localidad desprovista totalmente de éste.

El proyecto tiene por objetivo reemplazar un sistema individual por uno colectivo de mejor calidad, entendiendo por calidad las características físico químicas del agua y la presión que entrega el sistema a los usuarios. Los sistemas individuales en uso normalmente entregan agua de dudosa calidad, razón por la cual es común las enfermedades de origen hídrico.

La instalación de un servicio comprende obras que incluyen desde una captación hasta la red de distribución, pasando por plantas de tratamiento, conducciones, estanques de regulación y plantas de elevación (si es necesario).

ii. **Proyectos de Mejoramiento del Servicio.**

El proyecto tiene como objetivo restablecer la calidad del servicio ya existente y/o ampliar la capacidad del mismo. La calidad del servicio se deteriora cuando no se cumple con un programa de conservación de las obras. También es posible encontrarse con sistemas en que la calidad del agua se ha deteriorado como consecuencia de un cambio en la calidad de la misma en la fuente de abastecimiento.

Este aumento en la calidad del abastecimiento se puede lograr con un mejoramiento en un elemento del sistema: por ejemplo, planta de tratamiento; o en varios a la vez, como en aquellos casos en que se realiza un mejoramiento integral del sistema. En muchos proyectos de mejoramiento se aprovecha de ampliar el sistema, dado que en este tipo de obras existen economías de escala, y generalmente aumenta la rentabilidad del proyecto "mejoramiento", al anexarle un proyecto de ampliación de capacidad.

iii. Proyecto de Ampliación del Servicio.

Este tipo de proyecto consiste en aumentar la capacidad de abastecimiento de un servicio sin modificar lo existente. En este caso, ampliación significa la incorporación de nuevos usuarios, ya sea por aumento de cobertura del sistema o por mejor aprovechamiento de la red ya existente (aumento de utilización de la red actual).

Las obras más típicas en estos proyectos corresponden a la construcción de redes de distribución, conexiones domiciliarias y en algunos casos, nuevas captaciones que sirvan a los nuevos usuarios.

iv. Reposición de Servicio.

Este tipo de proyecto se caracteriza porque comprende la renovación parcial o total de la infraestructura existente, con o sin cambio de la capacidad y calidad del servicio.

En general, este tipo de proyecto se genera cuando un sistema o parte de él ha cumplido su vida útil. Al igual que en el caso de proyectos de mejoramiento, casi siempre se realiza conjuntamente con un aumento de capacidad del sistema, de modo de aprovechar las economías de escala que se producen.

Por lo tanto, las obras pueden incluir desde la construcción de una captación hasta el reemplazo y la construcción de nuevas redes de distribución.

En la práctica los proyectos pueden presentarse como una mezcla de las deficiencias presentadas de manera que esta tipología tiene por objeto presentar los problemas que dan origen a un proyecto. Adicionalmente esta separación facilita el análisis económico de los proyectos. En efecto, el análisis beneficio-costos aplicable a los proyectos de agua potable es aplicable solo a aquellos que permiten un aumento de la capacidad del sistema por la construcción de obras de ampliación.

### **3.3 Tipología de proyectos de alcantarillado sanitario**

Del mismo modo que en los proyectos de agua potable, en el capítulo 2 se expuso con apoyo de un esquema los elementos que componen un sistema de alcantarillado y las particularidades de los mismos. Los proyectos de alcantarillado consisten en obras destinadas a: captar las aguas provenientes de las viviendas, conducir las aguas en base a colectores secundarios o principales o interceptores si captan las aguas de un sector amplio; elevar las aguas mediante estaciones elevadoras en base a motobombas para vencer puntos bajos de la red o trasvasiar las aguas de una cuenca a otra;

conducción final del agua recolectada; tratamiento de las aguas servidas (en diversas modalidades) de manera de eliminar la contaminación previo a su descarga a un cuerpo o curso receptor; y finalmente la disposición final de las aguas tratadas.

A continuación se describen las tipologías de proyectos:

i. Instalación de un sistema de alcantarillado.

Estos proyectos consisten en dotar de alcantarillado a una localidad desprovista totalmente de este servicio, permitiendo el reemplazo de los sistemas actuales que normalmente son sanitariamente inaceptables.

En estos casos se debe considerar el proyecto completo, que va desde las redes de recolección hasta la evacuación final.

La evacuación puede ser en forma directa a un curso receptor, siempre que no cause daños por contaminación orgánica y/o biológica; o a un curso receptor previo tratamiento, si éste curso es insuficiente para autodepurar las aguas servidas. En este caso se deben tener presente las Normas vigentes sobre la materia.

ii. Extensión de redes de alcantarillado con uniones(conexiones) domiciliarias.

Este tipo de proyectos consiste en dotar de un sistema de alcantarillado, a un sector de la localidad desprovista de éste, el cual se caracteriza por un predominio de familias de bajos ingresos.

Toda vivienda sin sistema público de evacuación de aguas servidas posee algún sistema de evacuación, que generalmente, es de baja calidad sanitaria, tales como pozos negros o letrinas. Para las familias de bajos ingresos es conveniente considerar el financiamiento de soluciones integrales que incorpore la instalación de una infraestructura sanitaria al interior de la vivienda, de manera de asegurar la utilización plena de la red pública de alcantarillado.

Finalmente, es importante verificar la capacidad de evacuación de aguas servidas del sistema, al cual se conectará la nueva red de alcantarillado, de modo de no provocar problemas a los usuarios del sistema existente.

iii. Aumento de capacidad del sistema.

La realización de este tipo de proyectos permite el aumento de la capacidad de diversos elementos del sistema en operación, permitiendo optimizar la operación del mismo en las condiciones de carga actual y la incorporación de nuevos usuarios.

iv. Construcción de planta de tratamiento de aguas servidas o emisario submarino.

Se justifica efectuar este tipo de proyecto si se detecta que los niveles de contaminación de los cuerpos receptores han excedido los niveles máximos de contaminación permitidos en las normas sanitarias, de acuerdo al uso del cuerpo o curso receptor respectivo.

El proyecto de construcción de un emisario submarino corresponde a una alternativa a la planta de tratamiento y consiste en evacuar las aguas servidas a cierta distancia de la costa. Generalmente este tipo de obra se construye en bahías con playas de uso recreacional.

### **3.4 Formulación de los proyectos**

#### **3.4.1 Esquema global de formulación**

Los proyectos de agua potable tienen por objeto abastecer de agua en calidad y cantidad suficiente al consumo tanto para la bebida (residencial) como para otros usos (comerciales, industriales, otros). El sistema deberá proveer de agua en el momento que el usuario lo requiera, esto significa que el sistema debe tener capacidad para absorber la demanda máxima diaria, la demanda máxima horaria y adicionalmente disponer de un volumen almacenado para atender contingencias o siniestros. Para cubrir adecuadamente las demandas señaladas el sistema se dimensiona con la capacidad igual a la demanda que se quiere atender.

Por lo tanto uno de los aspectos de mayor incidencia en el dimensionamiento de estos sistemas es la acertada estimación de la demanda individual por agua. La demanda es una función de varias variables, entre las de mayor relevancia se tiene el precio (carga variable de la tarifa), los ingresos de las personas (consumidores), el precio de productos relacionados, los gustos, el clima, la existencia en la vivienda de un sistema de alcantarillado y otros menos importantes. La demanda de agua por persona al día se le denomina dotación de consumo y se expresa en litros/habitante/día. La demanda total de agua deberá incluir las denominadas pérdidas de agua en los diferentes elementos del sistema. Estas pérdidas están presente en todos los sistemas de agua potable y pueden corresponder

a: fugas de agua por mala operación del sistema (rebalse de estanques, instalaciones defectuosas, otros); conexiones clandestinas (robo de agua); filtración por mala calidad de los materiales; ausencia de medidores domiciliarios o baja cobertura de los mismos; deficiencias en la medición de la producción o domiciliaria, etc.

El proyecto deberá tener un tamaño dado por la demanda estimada hacia el final del período de previsión de las obras que se adopte. El período de previsión recomendado para definir el tamaño de las obras, puede ser de 15, 20 o 25 años y depende de la rapidez con que crece la demanda o el tamaño de la población de la localidad. El período mas aceptado es de 20 años. Por tanto conocida la población que se debe atender y la tasa de crecimiento anual de la misma y la dotación media es posible estimar anualmente la demanda por agua.

Por otra parte se debe determinar la capacidad del sistema actual de agua potable, a nivel de cada elemento del mismo, es decir, fuente de agua, conducción, regulación y distribución. Esta capacidad corresponde a la Oferta del sistema. Si no existe un sistema de agua potable, la oferta actual es nula. La demanda estimada debe confrontarse con la capacidad que presenta el servicio en operación, con lo cual se obtendrá un balance oferta-demanda que señalará anualmente cual es el déficit que presenta el sistema existente.

Establecido los requerimientos de infraestructura se estudian las alternativas técnicamente viables de implementar para mejorar y/o ampliar el sistema dejándolo con la capacidad de producción necesario para atender la demanda hasta el final del período.

El siguiente paso es, conocido los costos totales de inversión, operación y mantenimiento de cada alternativa, determinar aquella solución técnica óptima desde el punto de vista de los costos totales.

Esta alternativa seleccionada debe ser sometida a un análisis de rentabilidad para conocer la conveniencia de materializar las obras del proyecto.

En el caso de proyectos de alcantarillado los volúmenes de evacuación de agua al sistema de redes, depende de la demanda por agua y las tasas de infiltración de aguas lluvias que se adopte. El procedimiento para la formulación del proyecto es similar al de agua potable y depende de la demanda definida en este.

En el capítulo 6 se realiza la formulación y evaluación de un proyecto de agua potable y alcantarillado, como una aplicación de los conceptos que se formulan en el presente capítulo.

En los puntos que siguen se describen en detalle los pasos a seguir para una adecuada formulación de este tipo de proyectos y el contenido de los mismos en cada fase.

### **3.4.2 Descripción del área del proyecto**

La importancia de este punto radica en que permite un conocimiento de variables, que si bien no están directamente relacionadas con el problema, dan un marco de referencia en el cual se efectuará y operará el proyecto.

Las variables a considerar son entre otras: población y viviendas con base en el Censo mas reciente, nivel socioeconómico de la población, ubicación geográfica del área de influencia, tipos de viviendas, otros servicios públicos que se ubican en el área, especialmente alcantarillado y aguas lluvias, etc.

Es necesario incorporar una descripción detallada del problema que presenta el abastecimiento de agua y la disposición de aguas residuales y excretas, en lo posible por sectores poblacionales.

Para definir adecuadamente la situación base o actual en relación a la provisión de los servicios de agua y alcantarillado es necesario incorporar la siguiente información:

- cobertura y número de conexiones de agua potable y alcantarillado intradomiciliario.
- cobertura de agua potable en base a piletas públicas;
- población que utiliza fuentes alternativas de agua, señalando tipo de fuentes y el sistema de mayor utilización (pozo comunitario, camión aljibe, manantial, etc.);
- sistemas alternativos de disposición de aguas servidas en uso por la población fuera de cobertura de redes (letrinas, fosa séptica, otros);
- en la eventualidad que existan sectores habitacionales que disponiendo de cobertura de redes frente a sus viviendas no se han conectado, averiguar las razones por las cuales no utilizan dichos sistemas. De esta manera en el proyecto de ampliación de cobertura se podrá analizar la factibilidad de que las familias se conecten al servicio que se les ofrecerá y se señalará las medidas que deberán tomarse para incentivar a las familias a incorporarse al mismo en breve plazo.

La información señalada anteriormente permitirá aportar datos muy importantes para la posterior evaluación de los proyectos. En efecto, el modelo computacional de evaluación de proyectos de agua potable denominado SIMOP (Simulación de Obras Públicas, creado por el Banco Interamericano de Desarrollo), permite distinguir varios tipos de consumidores. Una de las clasificaciones más importantes se refiere a aquellos grupos de consumidores que actualmente no están conectados a la red pública, en el modelo se les identifica como nuevos consumidores con la instrucción NEWCON. Para estos consumidores el modelo requiere una serie de informaciones especiales con el fin de determinar los correspondientes beneficios. Parte de esta información es la señalada anteriormente.

### **3.4.3 Descripción y diagnóstico de la infraestructura actual**

Es necesario presentar una detallada descripción de la infraestructura del servicio existente con apoyo de un esquema de las obras y su interrelación, señalando en cada caso las principales dimensiones y capacidades.

Para llegar a determinar la Oferta que presenta el sistema de agua potable es necesario desarrollar un diagnóstico del mismo, tanto desde el punto de vista físico como operativo, de esta forma es posible conocer la capacidad de los distintos componentes del sistema, es decir:

- Capacidad de las fuentes, en forma individual y en su producción conjunta, expresadas en caudal [l/seg]. Para las fuentes de agua superficial se debe indicar la influencia de las fluctuaciones de caudal del curso o cuerpo de agua.
- Capacidad de las conducciones [aductoras o impulsiones]. Determinar la capacidad de transporte de agua de la conducción, teniendo presente el deterioro por la operación [posible disminución de diámetros por incrustaciones].
- Capacidad individual y en conjunto de los estanques de regulación.

Algunos de los antecedentes necesarios de incluir son: niveles de producción anual, pérdidas del sistema, volumen medido de producción y de consumo, costos de operación y mantenimiento, otros. Además precisar la calidad del servicio, estudiando la calidad físico-química del agua y la presión del agua en la red en los distintos sectores. Señalar problemas operativos del servicio de manera que sirvan de justificación al proyecto.



En los proyectos de mejoramiento y ampliación del servicio de alcantarillado, realizar una descripción técnica del sistema existente (si corresponde) y señalar el área cubierta. Indicar la siguiente información mínima

- i. estado y capacidad de los principales elementos del sistema, en especial las obras de disposición final
- ii. caudales y características de las aguas servidas
- iii. influencia de los desechos industriales
- iv. deficiencias mas relevantes del sistema en uso
- v. coberturas intradomiciliaria y en redes.

#### **3.4.4 Optimización de la situación actual**

Del Diagnóstico de la infraestructura actual, se deben determinar las obras de: reparación, reposición y conservación, necesarias para optimizar la operación de la infraestructura actual. Estas obras deben ser compatibles con las obras que se proyectarán para ampliar el sistema de agua potable y/o alcantarillado.

La optimización de la situación actual de los sistemas de agua potable o "situación sin proyecto", se determina al introducir modificaciones a la situación actual, por la siguientes causales:

- optimizar el servicio ejecutando inversiones marginales en reparaciones menores a modo de conservación del sistema,
- aplicar medidas administrativas factibles, que mejoren la calidad del servicio, como programas de instalación masiva de medidores domiciliarios y/o de detección y control de fugas de agua.

Con la optimización es posible conseguir una ampliación de la oferta y/o un ahorro de costo al disminuir los costos de operación. En adición, al definir adecuadamente la situación sin proyecto, en la evaluación de los proyectos no se sobreestimarán los beneficios atribuibles a las nuevas obras planteadas por el proyecto de expansión.

Se debe analizar si con las obras de mejoramiento que se planteen, es factible vender mas agua (caso de reducción de pérdidas), si es así se determinará la nueva Oferta del sistema actual.

### 3.4.5 Análisis de la demanda

#### a) Demanda individual y agregada por agua potable (Dotación)

El dimensionamiento adecuado de las obras del proyecto depende básicamente de la demanda por el servicio que se presentará en el período de análisis. Una buena estimación de la demanda por tanto permitirá tener obras que provean el servicio en el período de previsión predefinido y en el momento oportuno, es decir no se consideran restricciones en el servicio en dicho período.

La variable de mayor importancia en este análisis lo constituye la demanda per cápita o dotación de consumo [litros/habitante/día]. La demanda de agua se puede expresar genéricamente como:

$$Q = f(P, P_c, Y, E, s);$$

donde:

- Q : es la cantidad consumida (m<sup>3</sup>/mes) por familia o persona
- P : es el precio del agua (\$/m<sup>3</sup>)
- P<sub>c</sub> : es el precio de otros bienes relacionados (\$/un.)
- Y : es el ingreso familiar o per cápita (\$/mes)
- E : existencia de un sistema de alcantarillado de aguas servidas, en base a redes públicas, en la vivienda
- s : es un vector de otras características de la familia (gusto, localización, costumbres, etc.)

La dotación de consumo actual y futura es posible de determinar adoptando algunos de los siguientes criterios:

- utilizando la curva de demanda obtenida por la aplicación local de una encuesta socioeconómica que permita conocer los consumos individuales de las familias enfrentadas a distintas opciones de precio. Estas opciones provienen de considerar tanto consumidores del sistema público de agua potable, como consumidores de fuentes alternativas;
- adoptar las dotaciones de consumo de sectores bien abastecidos dentro de la localidad del proyecto, en los cuales se disponga de medición domiciliaria del consumo de las familias;
- adoptar las dotaciones de consumo de otras localidades de características similares y que enfrenten iguales precios del agua.

Es de especial conveniencia analizar el impacto en el consumo de agua por la conexión de la vivienda al sistema de redes de alcantarillado. Este análisis permitirá corregir la dotación de consumo por agua en el horizonte de análisis, considerando los planes de expansión del sistema de alcantarillado en base a redes.

Resulta conveniente desagregar los consumidores según el uso preferente del agua en residenciales y no residenciales (industriales, comerciales, otros), además de acuerdo a su nivel socioeconómico en bajos ingresos y otros ingresos. Esta última clasificación facilita el posterior cálculo del impacto distributivo del proyecto.

Otro grupo consumidor que es necesario identificar son aquellos consumidores que antes del proyecto estaban fuera del sistema de agua potable. Como se señaló en el punto 1 estos nuevos consumidores (NEWCON) tendrán dos tipos de beneficios al incorporarse al sistema de agua potable, uno se refiere al mayor consumo de agua que tendrán y un ahorro de costo por abandonar su fuente actual.

Este análisis permite obtener la demanda per cápita o bien por familia, la cual es llamada también Dotación de Consumo. En una ciudad es posible obtener un valor de la Dotación para todos los consumidores o un valor por sector o área, agrupando familias de características similares. La dotación obtenida es un valor medio representativo de un año normal. De tal manera que para conocer el volumen de agua que se consume en la localidad ( $V_t$ ), se debe realizar la siguiente operación:

$$V_t = (\sum D_i * P_i) * 365/1000 \quad [\text{m}^3/\text{año}]$$

Donde:

$D_i$  : Dotación de consumo del sector  $i$  de la localidad [l/hab/día]

$P_i$  : Población abastecida con agua potable del sector  $i$  de la localidad [hab]

365/1000: Conversión de días en años y litros en  $\text{m}^3$ .

Para fines de dimensionamiento de las obras, este volumen se puede expresar como demanda media instantánea o caudal ( $Q_{\text{medio consumo}}$ ), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_{\text{medio consumo}} = (\sum D_i * P_i) * 1,16 * 10^{-05} \quad [\text{litros/seg}]$$

El coeficiente de la ecuación ( $1,16 \cdot 10^{-05}$ ) corresponde a la conversión de los litros/día (de la dotación) a litros/segundo (l/seg).

b) Demanda media total del sistema (Qmedio)

A la demanda individual se le debe sumar un porcentaje de agua que no es recibida por los consumidores y que corresponde a las denominadas pérdidas o fugas de agua. En todo sistema de abastecimiento de agua se producen pérdidas de agua, un porcentaje de 20 a 25 % de la producción se pierde por robos, o deficiencias en los materiales. Es un porcentaje utilizado en sistemas nuevos o cuando se planea

ejecutar un proyecto de mejoramiento del sistema actual. Un porcentaje mayor de pérdidas es adjudicado a una ineficiente operación de los sistemas.

De manera que la demanda total sobre el sistema incluye la demanda de los consumidores y un nivel de pérdidas. Para estimar esta demanda se calcula el Caudal medio de producción (Qmedio) de la siguiente forma:

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{medio consumo}} / (1 - P_e) \text{ [l/s]}$$

Donde:

$P_e$  : Nivel de pérdidas en el sistema (%)

Con el Qmedio se obtienen las demandas máxima diaria y horaria, necesarias para el dimensionamiento de las obras, las cuales se definen en los puntos que siguen.

**Ejemplo 1: Cálculo de Volumen anual consumido**

En la localidad de Gultro, el año 1994 se registró una población abastecida por agua potable de 1.593 habitantes. Se identificaron dos tipos de consumidores de agua potable, de acuerdo a la dotación de consumo de agua verificada por medio de los medidores domiciliarios. El grupo 1 presentó una dotación media de 100 l/h/d y está conformado por 950 habitantes. El grupo 2, de mejor nivel económico, presentó una dotación de 180 l/h/d y tiene una población de 643 habitantes.

De acuerdo a la fórmula presentada, el volumen total demandado (consumido) en el año(1994) por el total de la población abastecida se calcula de la siguiente forma:

$$V_t = (100 \cdot 950 + 180 \cdot 643) \cdot 365 / 1000$$

$$V_t = 76.920 \text{ [m}^3/\text{año]}$$

**Ejemplo 2: Cálculo del caudal medio**

El volumen anual demandado (consumido) por la población de Gultro, se puede expresar como demanda media instantánea o caudal, usando la expresión indicada y los datos entregados en el Ejemplo 1, de la siguiente forma:

$$Q = (100 \cdot 950 + 180 \cdot 643) \cdot 1,16 \cdot 10^{-05}$$

$$Q = 2,44 \text{ [l/seg]}$$

c) Demanda máxima diaria ( $Q_{\text{máxd}}$ )

La demanda es variable en el día y también en los meses del año. Es decir la población tiene un comportamiento dependiendo de las costumbres (uso de agua para aseo personal, riego de jardines, lavado de ropa, vajilla, auto, etc) y de la estación del año (crece considerablemente el uso del agua en verano).

De manera que para el dimensionamiento de las obras de captación y de conducción del agua a los estanques, las mismas deben tener capacidad para abastecer sin problemas la máxima demanda de los consumidores. La estimación de la demanda máxima diaria ( $Q_{\text{máxd}}$ ), se obtiene a partir de la demanda media según la siguiente expresión:

$$Q_{\text{máxd}} = Q_{\text{medio anual}} * F_1 \text{ [l/seg]}$$

Donde:

$F_1$  : Es el factor máximo diario. Este factor debe determinarse con abundantes registros históricos de medición diaria de la demanda de agua. En Chile se utilizan valores que varían entre 1,2 y 1,5.

## Ejemplo 3: Cálculo demanda media total

En el actual sistema de abastecimiento de agua potable de Gultro, se determinó que las pérdidas de agua en el año 1994, alcanzaron a un total de 31% del total de agua producida. Utilizando este dato y el caudal medio calculado en el Ejemplo 2, es posible determinar la demanda media total aplicando la formula respectiva:

$$Q_{\text{medio}} = 2,44 / (1 - 0,31)$$

$$Q_{\text{medio}} = 3,54 \text{ [l/s]}$$

## Ejemplo 4: Cálculo de la demanda máxima diaria

A partir del  $Q_{\text{medio}}$  calculado en el Ejemplo 3 y adoptando para Gultro un factor máximo diario de 1,5 se obtiene el  $Q_{\text{máxd}}$ :

$$Q_{\text{máxd}} = 3,54 * 1,5 = 5,31 \text{ [l/seg]}$$

d) Demanda máxima horaria ( $Q_{\text{máxh}}$ )

Como se indicó en c), la demanda tiene un comportamiento variable en el día, es decir en cada hora el sistema tiene requerimiento distintos de los consumidores. Esta variación es absorbida en parte por el estanque de regulación y por la capacidad de las redes de distribución. Estas últimas se diseñan para atender la demanda máxima horaria ( $Q_{\text{máxh}}$ ), la cual se determina de la siguiente forma:

$$Q_{\text{máxh}} = Q_{\text{medio anual}} * F_2 \text{ [l/seg]}$$

Donde:

$F_2$  : Es el factor máximo horario. Este factor debe determinarse con abundantes registros históricos de medición diaria y horaria de la demanda de agua. En Chile se utilizan valores que varían entre 1,8 y 2,25.

e) Cobertura de servicio

La cobertura de servicio se determina de la siguiente forma:

Cobertura de servicio = Población abastecida o servida / Población total (%)

En el caso de localidades sin instalaciones de redes de agua potable y alcantarillado, la cobertura es nula. Este parámetro es fundamental para estimar la demanda sobre un sistema sanitario, y se fijan metas de cobertura según la capacidad de provisión del servicio.

**Ejemplo 5: Cálculo de la demanda máxima horaria**

Siguiendo el mismo procedimiento utilizado en el Ejemplo 4 y adoptando un factor máximo horario de 2,25, se determina la demanda máxima horaria de la siguiente forma:

$$Q_{\text{máxh}} = 3,54 \times 2,25$$

$$Q_{\text{máxh}} = 7,97 \text{ [l/seg]}$$

f) Proyección de la demanda

Conocida la demanda actual de los consumidores es necesario estimar el crecimiento de ésta en el tiempo, para lo cual se deberá tener presente lo siguiente:

- La proyección de población deberá estar respaldada por: Censos de población realizados en el país, tasas históricas de crecimiento, expectativas de la autoridad y sector productivo, disponibilidad de espacio, etc.
- Para los distintos tipos de consumidores, es decir, residencial; comercial; industrial; Fiscal u otros, señalar las dotaciones de "consumo" adoptados, especificando los criterios en cada caso. Incorporar información estadística de consumos de la Empresa Sanitaria y estado de la micromedición. Señalar las tasas de crecimiento de los consumidores.
- En función de los datos históricos de producción y de la estimación de consumos, determinar los niveles de pérdida del sistema en su conjunto y proponer reducciones factibles de la misma.
- Señalar criterios adoptados para establecer niveles futuros de la cobertura del servicio.
- Determinar la estacionalidad de la demanda, en especial en zonas turísticas.
- Explicitar la estimación de los factores de máximo consumo diario y horario para determinar los caudales de diseño.
- Respecto a los proyectos de alcantarillado, será necesario explicitar el criterio para estimar el coeficiente de recuperación. Con dicho factor se conocerán los volúmenes de aguas servidas que deberán recolectar las redes.

### 3.4.6 Balance oferta-demanda

Con la información obtenida en el desarrollo de los puntos 3.4.4 y 3.4.5, se estructura un balance entre la oferta de los componentes del sistema existente y la demanda esperada en el horizonte de análisis, cada año. El objetivo de este análisis es implementar un plan de desarrollo óptimo del proyecto de abastecimiento de agua potable. Será factible detectar los déficit de infraestructura por cada componente del sistema en el año que se presente el mismo. De esta manera se recomendará la construcción de las obras cuando éstas sean necesarias.

La oferta actual, pertinente para este análisis, será aquella que incorpore los mejoramientos de la infraestructura existente.

En los proyectos de alcantarillado este balance permitirá conocer los requerimientos de mejoramiento en la red de colectores, corregir el trazado y/o ampliar la capacidad de los colectores principales para recolectar los nuevos volúmenes esperados de agua servidas y definir los requerimientos y nivel de tratamiento de los efluentes líquidos antes de su disposición final en los cuerpos o cursos de agua receptores.

### 3.4.7 Análisis de alternativas

Establecidos los requerimientos de infraestructura, según el análisis comentado en el punto 3.4.6, se debe proceder a identificar todas las alternativas técnicamente factibles de solución, de modo de hacerlas claramente distinguibles. Cada alternativa debe dar solución integral a los requerimientos de la demanda por el servicio respectivo.

#### Ejemplo 6: Balance oferta-demanda

En el Ejemplo 4 se determinó que la demanda total por agua potable al año 1994 alcanzó a 5,31 [l/s] en la localidad de Gultro. El sistema de agua de dicha localidad dispone de un fuente en base a un pozo profundo, desde el cual se puede obtener un caudal de 6,20 [l/seg]. Si se asume que la demanda crecerá en los próximos 6 años (1995-2000) a una tasa del 2% anual, se puede estimar el déficit que se producirá en tal período comparando la demanda con la oferta del sistema (6,20 l/seg). Esta proyección se indica en la tabla que sigue:

Año	Demanda	Oferta	Déficit
1995	5,92	6,20	+ 0,28
1996	6,03	6,20	+ 0,17
1997	6,16	6,20	+ 0,04
1998	6,28	6,20	- 0,08
1999	6,40	6,20	- 0,20
2000	6,53	6,20	- 0,33

+ (Superávit); - (Déficit)

De acuerdo con la proyección, se concluye que la fuente de agua actual no será capaz de abastecer la demanda por agua a partir del año 1998. Por lo tanto se deberán tomar las medidas para procurar ampliar la capacidad de la fuente o construir una nueva fuente complementaria con la existente, lo cual se debería materializar en el año 1997.

Las alternativas consideradas deben ser consecuentes con los antecedentes recopilados y con los trabajos de terreno realizados. Tener en cuenta en el análisis la optimización de cada alternativa considerando: - secuencia temporal de las obras; - adecuada identificación de la situación base optimizada; - localización; y modularidad.

Se prediseñarán para un período de 20 años, estableciendo los costos incrementales de: inversión, operación, mantenimiento y reposición de obras y equipos de mayor envergadura y/o periodicidad. En los costos de inversión se deben incorporar explícitamente los costos de adquisición e instalación de medidores domiciliarios, tanto para los nuevos consumidores como para aumentar la cobertura de medición. En los costos de operación y mantenimiento señalar explícitamente los criterios de cálculo, en especial indicar las dosis de insumos y el personal a utilizar en esta etapa del proyecto. Incluir las reposiciones de equipos.

Respecto a las obras de tratamiento de las aguas servidas, para determinar el grado de tratamiento se deberá tener presente el uso a que se destinarán las aguas efluentes de acuerdo a la Norma respectiva. Interesa en forma especial analizar el efecto de las descargas sobre el cuerpo receptor en base a:

- modelo de calidad del agua simulando la evolución de los parámetros críticos de contaminación (DBO, BQO<sup>9</sup>, sólidos suspendidos<sup>10</sup>, coliformes fecales<sup>11</sup>, etc.);
- análisis de los usos actuales y potenciales del cuerpo receptor; y
- compatibilidad de los niveles de tratamiento con las normas.

---

<sup>9</sup> La cantidad o concentración de compuestos orgánicos presentes en las aguas, generalmente se cuantifica o mide en términos de la demanda de oxígeno que es necesario para su estabilización, para lo cual se utilizan ensayos de laboratorio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)

<sup>10</sup> Sólidos o residuos es la materia residual remanente después de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada. Según el tipo de asociación con el agua, los sólidos pueden encontrarse suspendidos o disueltos. Los sólidos en suspensión de un agua servida son aquellos que se encuentran dispersos en el agua.

<sup>11</sup> Este es un indicador de contaminación, el cual por su presencia demuestra que un agua ha tenido contacto con materia fecal. Este ensayo es un indicador potencial de patógenos entéricos en el agua.



### **3.4.8 Alternativa de mínimo costo**

La solución elegida será aquella alternativa que presente el menor valor actual de los costos totales. Para la actualización de los flujos de costos se utiliza una tasa de descuento social. Actualmente organismos de financiamiento de Programas de obras, como el BID recomiendan una tasa constante del 12 %.

Este criterio de elección, común a los proyectos de agua potable, recolección de alcantarillado y tratamiento de las aguas servidas, asume que todas las alternativas presentan iguales beneficios, es decir entregan una solución integral para la provisión de los servicios demandados en el período de previsión definido del proyecto.

Para la alternativa elegida presentar un resumen del presupuesto de obras y un programa de inversión en el período de análisis. Además, resumir los costos de operación y mantenimiento.

### **3.4.9 Análisis socioeconómico**

Al igual que todos los proyectos de infraestructura física, los proyectos de agua potable y alcantarillado deben ser sometidos a un análisis económico para determinar la conveniencia de ejecutarlos.

En los proyectos de agua potable, es posible simular un mercado del producto, con lo cual se conoce la disposición a pagar de las personas por tener el referido bien.

El proceso de evaluación de los proyectos se inicia con una separación clara de las denominadas "situación sin proyecto" y "situación con proyecto". Esto significa definir cual es la situación que enfrenta el servicio existente en cuanto a la capacidad del mismo. Esto se logra con el Diagnóstico de la infraestructura actual comentado en el punto 3.4.3, en esta etapa se señalan las obras de conservación y reparación necesarias para devolver al servicio la capacidad original. Con dichas obras se redefine la situación actual, generándose así la situación sin proyecto o "situación base optimizada" comentada en el punto 3.4.4. Si no existe un sistema público de agua potable o alcantarillado, la situación sin proyecto corresponde a la condición precaria de abastecimiento o disposición de excretas dada por las soluciones individuales en uso.

La situación con proyecto corresponde a la condición en que quedará el servicio al lograr el mejoramiento y ampliación del mismo con las obras proyectadas.

El análisis económico considera exclusivamente los costos y beneficios, cuando corresponde, de la diferencia entre la situación con proyecto y la situación sin proyectos, es decir lo relevante en este caso es exclusivamente la situación "incremental". Esto significa que los beneficios y costos del proyecto corresponde solamente a las obras de ampliación del sistema, en cambio las obras de conservación y reparación no generan nuevos beneficios si no que solo devuelven las condiciones originales de operación al sistema existente.

Para la evaluación de los proyectos de agua potable se dispone de una metodología beneficio-costos apoyada con un modelo de simulación computacional, denominado SIMOP<sup>12</sup>, modelo que mide la rentabilidad de los proyectos. En la medición de la rentabilidad de estos proyectos el enfoque se sustenta fundamentalmente en valorar la disponibilidad adicional de agua, que permite normalmente un proyecto, a través de la máxima disposición a pagar (DAP) por ella por parte de los consumidores favorecidos. Según los principios básicos de la teoría de comportamiento del consumidor esta máxima disposición a pagar se puede aproximar por el área bajo la curva de demanda por agua potable entre las cantidades consumidas con y sin proyecto. Análogamente, en el caso de proyectos que permiten abaratar el costo de aprovisionamiento, a través por ejemplo de sustituir fuentes privadas por públicas, el impacto en la reducción de precio privado induce un mayor consumo el cual se valora por dicha área, también conocida como excedente del consumidor.

El detalle de esta metodología se expone en el capítulo 4 de este documento.

En cuanto a los proyectos de alcantarillado, a la fecha se utilizan indicadores costo eficiencia, los cuales se comparan con un valor preestablecido de corte. Dicho valor de corte puede equivaler a la disposición a pagar por este servicio, determinado con alguna de las técnicas para estimar la DAP tales como: valuación contingente o precios hedónicos. En tal caso un proyecto que presenta un indicador costo-eficiencia menor al valor de corte equivale a un proyecto rentable porque el beneficio por usuario, estimado a través de la DAP (punto de corte) es mayor que el costo por beneficiario. A continuación se exponen la forma de estimar los indicadores de rentabilidad y los indicadores costo-eficiencia.

---

<sup>12</sup> Ver Powers, Terry: "Guía para la Evaluación de Proyectos de Agua Potable", Banco Interamericano de Desarrollo. Monografía de análisis de proyectos.

### i. Métodos costo-beneficio

Los métodos costo-beneficio se aplican en aquellos casos en que tanto los costos como los beneficios pueden expresarse en términos monetarios. Existen distintos indicadores que pueden calcularse una vez conocidos y determinados los costos y los beneficios, entre ellos la razón beneficio costo, el período de recuperación del capital, el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). De éstos, los más recomendables son el VAN y la TIR.

#### a. Valor actual neto

El valor actual neto (VAN), también conocido como el valor presente neto, pretende cuantificar en cuanto se enriquecerá quien realiza un proyecto, medido en términos de riqueza actual. Para ello se aplica la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{B_i - C_i}{(1 + r)^i}$$

donde:

$B_i$  = Beneficios del proyecto en el año  $i$   
 $C_i$  = Costos del proyecto en el año  $i$   
 $r$  = Tasa de descuento

#### b. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR) corresponde a aquella tasa que hace el VAN de un proyecto igual a cero. Usando la misma fórmula anterior, la TIR corresponderá a aquella tasa  $r$  tal que:

$$0 = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{B_i - C_i}{(1 + TIR)^i}$$

Para la determinación de esta tasa se sigue un proceso iterativo, probando con distintos valores de " $r$ " hasta encontrar el correspondiente a la TIR. Afortunadamente, todas las planillas electrónicas y calculadoras financieras cuentan con funciones para calcular automáticamente la TIR de un flujo de fondos.

**Ejemplo 7: Cálculo de VAN**

*Suponga que una Empresa de agua potable, ha decidido ofrecer a Compañías menores de agua potable del país un curso de capacitación para operar y mantener sistema de detección de fugas de agua en redes, como una forma de incrementar los ingresos propios de la Empresa aprovechando la experiencia en el tema como pionera en este tipo de trabajo especializado. ¿Le conviene a la Empresa realizar esta actividad?, en otras palabras, ¿le es rentable este proyecto? La preparación del curso demora dos meses y el costo de prepararlo (desarrollo de guías, materiales, etc.) es de \$ 3.000.000, valor a pagar por adelantado. El curso se repetirá tres años consecutivos, el primero a los doce meses de iniciada la preparación de los cursos.*

*El costo de operación anual (profesores, salas y materiales) es de \$ 5.000.000, pagados al principio de cada curso. La matrícula, que también se paga al inicio del curso es de \$ 450.000 por alumno. Se calcula que en cada curso se matricularán 15 alumnos. Asuma, además, que la tasa de descuento relevante para el servicio es de un 12 %.*

*Con estos datos podemos construir la siguiente tabla de flujos (valores en miles de \$):*

Año	Beneficios	Costos
0	0	3.000
1	$450 \cdot 15 = 6.750$	5.000
2	$450 \cdot 15 = 6.750$	5.000
3	$450 \cdot 15 = 6.750$	5.000

*Calculamos luego cada uno de los términos de la sumatoria ( $i = 0$  a  $i = 3$ ).*

$$\begin{aligned}
 i=0: & (0-3000)/(1+0.12)^0 = -3.000 \\
 i=1: & (6750-5000)/(1+0.12)^1 = 1.563 \\
 i=2: & (6750-5000)/(1+0.12)^2 = 1.395 \\
 i=3: & (6750-5000)/(1+0.12)^3 = 1.246
 \end{aligned}$$

*Y sumando obtenemos : VAN = M\$ 1.204*

*Es decir, la Empresa ganará en términos actuales \$ 1.204.000, entonces, le conviene realizar el curso, pues será M\$ 1.204 más rico por hacer el proyecto en comparación a que si no lo hiciera.*

**Ejemplo 8: Cálculo de la TIR**

*Si se ingresan los datos del ejemplo anterior a una planilla electrónica, se obtiene una TIR igual a 34.2%.*

*Para verificar este valor, repita el cálculo anterior reemplazando  $r$  (0.12) por 0.342, y verá que obtiene un VAN igual a cero.*

**ii. Métodos costo-eficiencia**

En aquellos casos en que no es posible expresar los beneficios de un proyecto en términos monetarios, o bien el esfuerzo de hacerlo es demasiado grande como para justificarse, se aplican los métodos costo-eficiencia. El objetivo de éstos es determinar qué alternativa de proyecto logra los objetivos deseados al mínimo costo (es decir más eficientemente).

c. Costo mínimo

El método de costo mínimo se aplica para comparar alternativas de proyecto que generan idénticos beneficios. Así, si los beneficios son iguales, las alternativas se diferenciarán solo en sus costos, por lo que podemos elegir la que nos permite alcanzar el objetivo deseado con el menor gasto de recurso. Sin embargo, dado que los costos de las distintas alternativas pueden ocurrir en distintos momentos del tiempo, la comparación debe realizarse en valor actual, para ello se aplica la fórmula siguiente:

$$VAC = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{C_i}{(1 + r)^i}$$

donde: VAC = Valor actual de los costos

C<sub>i</sub> = Costos del proyecto en el año i

r = Tasa de descuento

**Ejemplo 9: Cálculo del VAC**

*Suponga que una Empresa de agua potable requiere un equipo portátil para medir flujo de agua. Una alternativa es comprarlo el próximo año, siendo su valor actual de M\$ 12.500, con una vida útil de 12 años. Después del año 12, es posible asumir que el equipo no tendrá ningún valor (valor residual igual a cero).*

*La segunda alternativa consiste en un "leasing" a 12 años, en cuyo caso el costo anual, pagadero al inicio de cada año, será de M\$ 1.500. También en este caso, se asume que el valor del equipo al final del año 12 será nulo, por lo que no se ejercerá la opción de compra.*

*En ambos casos todos los costos de operación y mantención serán de responsabilidad de la Empresa de agua potable y dado que se trata del mismo equipo, es posible asumir que éstos serán idénticos para ambas alternativas. Cualquiera sea la alternativa escogida, ésta se realizará en doce meses más.*

*Dado que los beneficios de las dos alternativas son idénticos, podemos aplicar el criterio de costo mínimo. Además, los costos de mantención y operación son iguales para ambas alternativas, por lo que podemos no considerarlos (solo para efecto de comparar las alternativas).*

*Así, aplicando la fórmula anterior y asumiendo que el gobierno requiere que para evaluar los proyectos del sector público se aplique una tasa de descuento de 12 %, se tendrá:*

$$VAC_{Alt.1} = \sum_{i=1}^{i=12} \frac{12.500}{1.12^i} = M\$ 11.161$$

$$VAC_{Alt.2} = \sum_{i=1}^{i=12} \frac{1.500}{1.12^i} = M\$ 9.292$$

d. Costo por beneficiario

El método de costo mínimo es aplicable sólo en aquellos casos en que los beneficios de las distintas alternativas de proyecto son iguales. Sin embargo, suele ocurrir que distintas alternativas de proyecto generan beneficios desiguales. Cuando es éste el caso, pero las alternativas difieren básicamente en el "volumen de beneficio" que generan (medido éste a través de una variable "proxy" de los beneficios) es posible utilizar como criterio de selección de alternativas el costo por beneficiario, atenciones o egresos, o en términos más genéricos, el costo por "unidad de beneficio" producida. Para ello se calculará para cada alternativa el VAC y se dividirá por el "volumen de beneficios" a producir, medidos a través de una variable "proxy" de éstos. Es decir:

$$C/B = \frac{VAC}{N^{\circ}Benef.} = \frac{\sum_{i=0}^{i=n} \frac{C_i}{(1+r)^i}}{\text{Número de beneficiarios}}$$

Donde:

C/B = Costo por beneficiario

e. Costo anual equivalente

Otra forma de comparar alternativas que generan idénticos beneficios es mediante el método del costo anual equivalente. Este método consiste en expresar todos los costos del proyecto en términos de una cuota anual, cuyo valor actualizado es igual al VAC de los costos del proyecto. Para su cálculo se aplica la siguiente fórmula:

$$CAE = VAC * FRC$$

Donde:

CAE = costo anual equivalente

VAC = valor actual de los costos del proyecto

FRC = factor de recuperación del capital, el cual se define como:

$$FRC = \frac{r * (1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

Donde:

$r$  = tasa de descuento

$n$  = número de años

#### Ejemplo 10: Cálculo del CAE

Recuerde el proyecto de compra del medidor portátil. Considere, además, un período de doce años ( $n=12$ ) y una tasa de descuento del 12 %. Con estos datos se puede calcular (o consultar en una tabla) el correspondiente FRC.

$$FRC = (0.12 * (1 + 0.12)^{12}) / ((1 + 0.12)^{12} - 1) = 0.1614$$

Con este FRC se obtienen los siguientes CAE para las alternativas descritas:

$$CAE_{alt1} = 0.1614 * 11.161 = M\$ 1.802$$

$$CAE_{alt2} = 0.1614 * 9.292 = M\$ 1.500$$

Nota: no debe extrañar que el CAE de la segunda alternativa sea igual a la cuota del leasing, ya que ésta corresponde a una cuota pareja sobre el mismo período. En la práctica, solo se ha revertido el cálculo anterior.

#### f. Costo anual equivalente por beneficiario

Al igual que en el caso del costo mínimo, también es posible expresar el costo anual equivalente en términos de costo por beneficiario (o por "unidad" de la variable proxi de los beneficios). Para ello bastará con dividir el costo anual equivalente por el número de beneficiarios, atenciones o egresos de la alternativa de proyecto o, en términos genéricos, por el número de unidades a producir de la variable elegida como "proxi" de los beneficios, es decir:

$$CAE/B = \frac{CAE}{N^{\circ} \text{ Benef.}}$$

Donde:

$CAE/B$  = Costo anual equivalente por beneficiario

Cual de los métodos antes expuestos es el más indicado, dependerá de las características de cada proyecto. Cuando sea posible, es recomendable calcular más de un indicador, aún cuando la información que entreguen sea similar.





## **4. Metodología de evaluación de los proyectos de abastecimiento de agua potable**

*La metodología para evaluar proyectos de agua potable (A.P.) consisten en estimar los beneficios y costos que genera el proyecto incremental. Los costos corresponden a las inversiones en obras y los costos de operación y mantenimiento que anualmente se incurre para el funcionamiento del sistema construido. La estimación de los beneficios de este tipo de proyecto corresponde a un análisis exhaustivo que parte con la estimación de la disposición a pagar (DAP) de los consumidores o beneficiarios del mismo. Para la estimación de la disposición a pagar es necesario la utilización de modelos econométricos basados en datos de las familia, obtenidos estos últimos en base a encuestas. Sin embargo, este trabajo conducente a estimar la DAP y la curva de demanda, normalmente se efectúa una vez y los resultados son aplicables a la cartera de proyectos disponible en el programa de financiamiento, es decir no es necesario para cada proyecto efectuar este trabajo. En este capítulo se explica la forma de estimar la curva de demanda y la metodología de evaluación de este tipo de proyectos con apoyo del modelo computacional SIMOP.<sup>13</sup> En los puntos que siguen se explica la teoría de estimación de beneficios.*

### **4.1 Estimación de curva de demanda por agua potable**

En la medición de la rentabilidad de estos proyectos, el enfoque se sustenta en valorar la disponibilidad adicional de agua, que permite un proyecto, a través de la máxima disposición a pagar por ella por los consumidores. Según los principios de la teoría del comportamiento del consumidor

---

<sup>13</sup> La metodología se basa en la utilización del modelo SIMOP, desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo. Ver: "Guía para la Evaluación de Proyectos de Agua Potable". Terry A. Powers. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington D.C. noviembre de 1976.

esta máxima disposición a pagar se puede aproximar por el área bajo la curva de demanda por A.P. entre las cantidades consumidas con y sin proyecto. Por analogía, en el caso de proyectos que permiten abaratar el costo de aprovisionamiento, a través por ejemplo de sustituir fuentes privadas por públicas, el impacto en la reducción de precio privado induce un mayor consumo el cual se valora por dicha área, también conocida como excedente del consumidor.

La DAP es una medida monetaria del cambio en bienestar de un consumidor que tiene acceso a unidades adicionales del bien en cuestión. Se define como el máximo monto de ingreso que el consumidor estaría dispuesto a gastar con tal de obtener dichas unidades adicionales.

La función de demanda se define como el máximo precio que se está dispuesto a pagar por cada unidad adicional del bien. Equivalentemente, es la máxima cantidad que se está dispuesto a consumir del bien dado su precio. A diferencia de la evaluación privada o financiera de proyectos, la DAP supera el pago que efectivamente se hace a través de la tarifa. Esta diferencia entre la DAP y lo que efectivamente se paga se conoce por excedente del consumidor. La evaluación económica de proyectos reconoce este excedente como parte de los beneficios del proyecto, aunque no represente una transferencia de dinero (pago) entre el que ofrece el servicio y quién lo recibe.

El uso del concepto de DAP como medida de beneficios supone:

- los consumidores están perfectamente informados de las características del bien que se les ofrece y consumen;
- las preferencias de los consumidores son lo único relevante para valorar los beneficios de disponer del bien,
- estos entes económicos buscan maximizar su nivel de bienestar, dado el nivel de ingreso que disponen,
- por ello, el comportamiento observado de consumo y su relación con el precio permite revelar el valor que tiene para un consumidor el disponer de unidades adicionales del bien. Dado su precio de venta, el valor para el consumidor de la última unidad consumida debe ser equivalente a dicho precio. Si fuera mayor consumiría unidades adicionales. Si fuera menor reduciría su consumo para efectos de incrementar su bienestar.

La función de demanda relaciona el consumo de agua que hace un consumidor con su precio y otras características relevantes. Esta ecuación se puede expresar genéricamente como:

$$Q = f(P, P_c, Y, E, s);$$

donde:

- Q : es la cantidad consumida (m<sup>3</sup>/mes) por familia o persona  
P : es el precio del agua (\$/m<sup>3</sup>)  
P<sub>c</sub> : es el precio de otros bienes relacionados (\$/unidad)  
Y : es el ingreso familiar o per cápita (\$/mes)  
E : existencia de un sistema de alcantarillado de aguas servidas, en base a redes públicas, en la vivienda  
s : es un vector de otras características de la familia (gusto, localización, costumbres, etc).

La cantidad de agua equivale a un nivel promedio sobre un período de tiempo (un mes en este caso) y, para viviendas conectadas a la red pública, la cantidad de consumo se establece a partir de la lectura de los medidores domiciliarios.

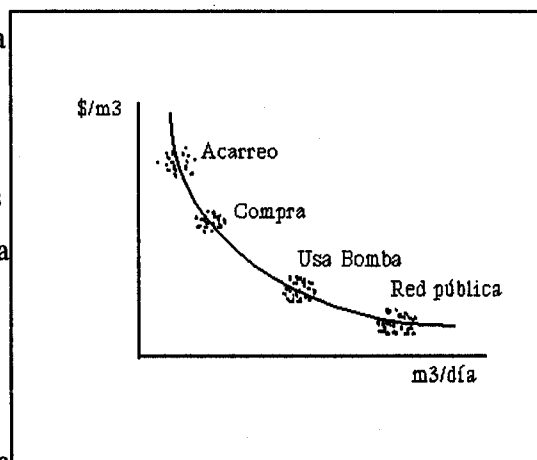
La variable precio se refiere al componente variable del cargo tarifario, expresado en \$/m<sup>3</sup>. Se ignoran los cargos fijos bajo el supuesto normal que los efectos ingresos son pequeños. Según se espera de la teoría económica a mayor precio (variable) menor será el consumo de la familia.

En áreas rurales y zonas urbanas sin servicio público, se hace necesario establecer los volúmenes consumidos de agua a través de encuestas que identifiquen cada una de las fuentes alternativas utilizadas, los métodos de recolección y permitan establecer los costos de provisión. Estos costos comprenden normalmente:

- un pago directo por volumen si hay provisión a través de camiones aljibe,
- pagos por concepto de electricidad y mantenimiento de equipos en el caso de uso de pozos privados con bombas eléctricas,

- un costo de oportunidad del tiempo y un costo por el esfuerzo de acarreo de agua desde una fuente distante a la vivienda.

Esta relación precio-cantidad obtenida para las diferentes fuentes de abastecimiento de agua permiten definir la curva de demanda tal como se señala esquemáticamente en el gráfico N°1.



El consumo de agua se ve directamente afectado por la disponibilidad de alcantarillado y la presencia de artefactos o instalaciones domiciliarios intensivos en dicho consumo.

El ingreso familiar tiene un efecto positivo significativo sobre el consumo de agua, aunque buena parte de ello se refleja en la disponibilidad en la vivienda de artefactos o instalaciones consumidoras de agua.

Entre otros factores (variables "s") que normalmente se reconocen afectan el consumo de agua residencial se encuentran:

- el tamaño de la familia, es decir el número de personas que habitan la vivienda, por el efecto obvio del consumo individual sobre el total,
- las características climáticas promedio o estacionales del lugar en que se ubica la vivienda dada la importante asociación positiva entre temperatura ambiente y requerimientos de agua para bebida y hábitos de higiene,
- factores de tipo cultural que determinan los hábitos de uso del agua.

## 4.2 Estimación empírica de funciones de demanda

El método básico, cuando no existe un servicio de agua potable que se encuentre funcionando, es la utilización de modelos econométricos basados en datos de familias, lo cuales se obtienen en un proceso de encuestas. De esta manera se podrá disponer de los elementos para establecer las características deseadas de las ecuaciones de la demanda.

En la recopilación de datos de la encuesta, es necesario focalizar la estrategia en la adecuada (estadísticamente confiable) estimación del impacto de variaciones en el precio del agua sobre la cantidad consumida. Este parámetro es crítico no tan sólo por su significancia en el cálculo de la disposición a pagar, sino también por la dificultad inherente en estimarlo. El problema fundamental es que las magnitudes del impacto del precio sobre el consumo son relativamente pequeñas. Tanto por la baja incidencia del gasto en agua en el presupuesto total familiar, como por los naturales rezagos con que se observan en la realidad los impactos de cambios tarifarios, es difícil observar fluctuaciones importantes en el consumo que pueden ser atribuibles, de manera no ambigua, a cambios en el precio.

Para la adecuada estimación es necesario lograr disponer de información de costos y consumos efectivos con la mayor varianza posible. Para ello se debe procurar identificar usuarios con las mas diversas fuentes de abastecimiento. La regresión debe combinar las observaciones entre todos los grupos, incorporando las variables de control (características socioeconómicas) relevantes para aislar el efecto del precio.

Los tamaños muestrales a utilizar dependen de las características específicas de la muestra en cuanto a varianza anticipada del precio, así como de las exigencias de captura de otros coeficientes (elasticidad ingreso, coeficiente de efectos regionales, etc.).

Es muy importante el disponer de antecedentes confiables y estadísticamente validados, respecto de las características de la curva de demanda, parámetros de posición, elasticidades y forma funcional, así como del tipo de abastecimiento actual de la población que se espera beneficiar con el proyecto.

Con la encuesta de familias será posible conocer las características relevantes de los consumidores y por consiguiente estimar la curva de demanda por agua.

Para la recolección de datos necesarios para estimar la función de demanda es necesario aplicar encuestas muestrales.

La encuesta socioeconómica de hogares tendrá como objetivos principales la obtención de datos para los siguientes propósitos:

- estimar la curva de demanda de agua potable de las viviendas con y sin alcantarillado y según nivel socioeconómico;
- determinar la estructura de distribución del ingreso de la población potencialmente beneficiaria de los proyectos;
- averiguar la capacidad de pago de la población potencialmente beneficiaria;
- averiguar precio y consumo de abastecimiento de agua en fuentes alternativas;
- estimar la curva de demanda de agua potable según región geográfica, justificando esta división según diferencias en clima, costumbres, otros que sean determinantes en el consumo.

El universo que se considera para el muestreo, puede estar acotado por las siguientes características predefinidas:

- las localidades a considerar tendrán características urbanas y/o de ruralidad,
- existencia en la localidad de un sistema público de agua potable,
- localidades del litoral, es decir que presenten un potencial turístico,
- las localidades elegidas que tengan un sistema de agua potable deberán corresponder a localidades con un adecuado nivel de calidad del servicio (continuidad y presiones adecuadas en la red).

Se trata de hacer una serie de preguntas simples con las cuales se obtienen los datos buscados de manera clara.

### **4.3 Metodología de cálculo de beneficios**

Como se explicó en el punto 4.1, la medición de la rentabilidad de estos proyectos se sustenta en valorar la disponibilidad adicional de agua a través de la máxima disposición a pagar.

En el Gráfico N° 1 se indica la curva de demanda por agua potable de un usuario, en un momento específico del tiempo (año dado). La posición de la curva está determinada por su condición socioeconómica, factores demográficos, tipo de comercio o industria, región del país y posiblemente otros factores. Al precio  $P_0$ , que representa el componente variable de la tarifa, este usuario demandará un nivel de consumo  $Q_0$ , por unidad de tiempo. El máximo precio que el usuario está dispuesto a pagar por la unidad marginal  $Q_0$  es  $P_0$ . Tomando otros pares de precio-consumo se

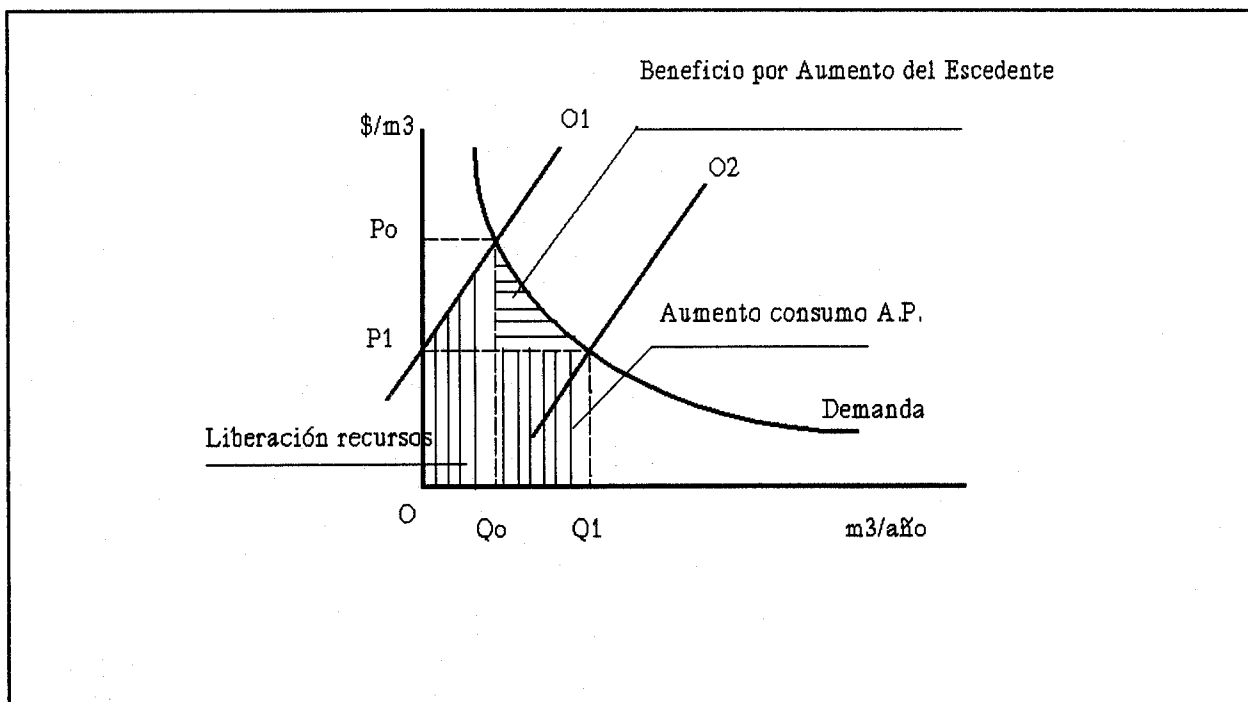
construye la curva de demanda de modo que ella refleje la máxima disposición a pagar por cada unidad adicional de agua que se consume. Se puede comprobar que el beneficio que le significa a un usuario incrementar su consumo desde un nivel inicial  $Q_0$  a un nivel de  $Q_1$ , se mide por el área bajo la curva de demanda entre ambos valores. En el Gráfico N° 1, esta área corresponde a la achurada y señalada como beneficio por Aumento de Consumo A.P., por este consumo adicional.

Conviene distinguir en el análisis la idea que dentro del área que se calcula como beneficios por consumo se deben separar dos componentes. Al primero se le conoce con el nombre de excedente del consumidor y refleja la diferencia entre el valor máximo que el usuario estaría dispuesto a pagar por las unidades de agua que se ofrecen y el valor que efectivamente paga. Esto se aproxima en el Gráfico N° 1 por el área bajo la curva de demanda entre  $Q_0$  y  $Q_1$ , pero por sobre  $P_1$ . A su vez el rectángulo  $P_1*(Q_1-Q_0)$  representa lo que el usuario efectivamente paga por las unidades adicionales de consumo traduciéndose en mayores ingresos brutos de la empresa prestadora del servicio. La suma de ambos elementos constituye el beneficio (bruto) del proyecto.

Para la valoración de los beneficios atribuibles a un proyecto, se distinguen dos situaciones que usualmente afectan a los usuarios de un sistema de agua potable. Estas situaciones exigen clasificar a los usuarios entre los existentes (conectados a la red pública) y los nuevos usuarios. Esta clasificación se hace con referencia a la situación sin proyecto. Para cada caso los requerimientos de información son algo distintos. Ambos se señalan a continuación.

En el primer caso se considera aquel tipo de proyectos que permiten aumentar la disponibilidad de agua potable (ampliación de capacidad de producción y distribución) en un sistema existente. En este caso es usual encontrar que los usuarios están conectados al sistema pero este no les provee, por limitaciones de capacidad, toda el agua que demandan a la tarifa vigente. Normalmente habrá racionamiento algunas horas del día, o las presiones serán insuficientes para atender debidamente el servicio. Utilizando el Gráfico N° 2 como referencia se conceptualiza el problema señalando que en la situación sin proyecto la máxima capacidad (O1) de abastecimiento estaría dada por  $Q_0$ , si bien al precio vigente (supuesto en  $P_1$ ) la demanda deseada sería de  $Q_1$ . Habrá por lo tanto un exceso de demanda de  $(Q_1-Q_0)$ . La introducción de un proyecto que amplíe la capacidad mas allá de  $Q_1$  (O2), permitirá obtener beneficios que se miden como el área bajo la curva entre el consumo inicial restringido,  $Q_0$ , y el consumo real demandado  $Q_1$ . Para efectuar este cálculo el modelo requiere

**Gráfico N° 2**  
Estimación de beneficios



conocer el nivel  $Q_0$ , la tarifa vigente y la correspondiente curva de demanda, para cada año del análisis.

De especial interés en este caso resulta el considerar el valor  $P_0$ , que se indica en el Gráfico N° 1. Este valor representa un precio implícito (no observado) que refleja la valoración que hace el usuario de disponer de una unidad adicional de agua a partir del nivel restringido  $Q_0$ . En situaciones de graves racionamientos de abastecimiento este  $P_0$  puede ser muy significativamente superior a la tarifa del sistema. En la medida que la tarifa se relacione con el costo (marginal) de proveer el servicio, será justamente la diferencia entre este precio y la tarifa la que decide la deseabilidad de ejecutar el proyecto. El valor de  $P_0$  se determina considerando la función de demanda inversa (que relaciona el precio con la cantidad demandada), o equivalentemente en el gráfico se obtiene leyendo sobre la curva de demanda el precio que correspondería al consumo  $Q_0$ .

En la medida que hayan situaciones de desabastecimiento significativas de carácter permanente será necesario limitar el valor máximo aceptable para  $P_0$ , el cual incide directamente sobre el cálculo de



los beneficios esperados del proyecto. Este concepto se relaciona con la idea de fijar un precio límite máximo a partir del cual los usuarios entrarán a utilizar fuentes de abastecimiento alternativas a la red pública. Estas fuentes normalmente serán de compra a camiones aljibes, uso de pozos privados, norias, acarreo u otros similares. De esta manera el nivel de beneficios (área bajo la curva de demanda relevante) quedará acotado superiormente. Se evita con ello una posible sobreestimación significativa de beneficios.

El segundo caso general de análisis se refiere al tipo de proyectos que tienen por objeto esencial instalar o ampliar el servicio en áreas que no lo tienen. En este caso el proyecto permite a los usuarios sustituir los sistemas individuales de abastecimiento de agua (usualmente no potable) en uso y acceder a un sistema de abastecimiento de agua potable intradomiciliario público. El proyecto les permite entonces tener agua de calidad sanitariamente aceptable y de menor costo que los sistemas individuales utilizados.

Se distinguen así dos tipos de beneficios para cada usuario afectado:

- Ahorro de costos por la obtención de las primeras  $Q_0$  unidades de agua. El abandonar el uso de sistemas de abastecimiento alternativos representa un ahorro de recursos usualmente significativo a los usuarios y la economía en general. Se destacan en esto la liberación de recursos de capital (camiones, equipos de bombeo, pozos, etc.) como también de tiempo y esfuerzo de acarreo de las personas. Para efectos del modelo SIMOP los valores ahorrados (a precios sociales) por  $m^3$  se deben dar exógenamente y reflejar la composición efectiva de fuentes de abastecimiento en la localidad bajo análisis.
- Incrementos de bienestar debido al mayor consumo de agua. En el Gráfico N° 1, considérese a  $P_0$  como el precio de abastecimiento de fuentes alternativas en la situación sin proyecto y supóngase que  $P_1$  es la tarifa del sistema público. Al precio  $P_0$  el consumo deseado será  $Q_0$ , representando normalmente una dotación relativamente baja de consumo, mientras que con el proyecto el consumo deseado sería  $Q_1$ . El área bajo la curva de demanda, entre  $Q_0$  y  $Q_1$ , será entonces la magnitud del beneficio asociado al incremento de consumo.

A diferencia del caso de los usuarios existentes debe notarse que en esta situación  $P_0$  es un dato del problema que debe ser entregado al modelo para que se puedan determinar los beneficios por mayor consumo. También hay que destacar que  $P_0$  representa el precio marginal privado de abastecimiento de la fuente alternativa y que por lo tanto es usualmente distinto del ahorro de costo social unitario. Este último incluye generalmente los costos fijos promedio cuando hay bienes de capital involucrados y descuenta impuestos o recarga subsidios en los casos que existan.

En el SIMOP da la opción de utilizar, para cada grupo de usuarios que se identifique, alguna de tres tipos de curvas, las cuales se resumen a continuación:

- a) Lineal con intercepto en la ordenada de los precios constante (denominada en el SIMOP como tipo I). La forma funcional de la curva queda definida por la siguiente expresión:

$$D_t = N_t * Q_t * F$$

$$Q_t = a + b * P_t$$

donde:

$D_t$ : (miles  $m^3$ /año) es la demanda agregada del grupo usuario en cuestión el año  $t$ ;

$N_t$ : es la cantidad de usuarios el año  $t$  (expresados en conexiones, usuarios, establecimientos o personas);

$Q_t$ : consumo por usuario (litros persona día o  $m^3$ /conexión/mes);

$F$ : factor de corrección de unidades;

$a, b$ : constantes que definen la curva de demanda para un usuario representativo;

$P_t$ : precio marginal del agua ( $\$/m^3$ )

Esta curva agregada representa una suma horizontal de curvas de demanda individuales, y se utiliza normalmente cuando la demanda de agua por usuario se espera permanezca estable en el tiempo, de modo que el aumento agregado de la demanda en el tiempo procede de la incorporación de nuevos usuarios, idénticos a los existentes. Resulta de interés notar la propiedad matemática que la elasticidad-precio es variable a lo largo de la curva para un

momento del tiempo,<sup>14</sup> pero que para un precio dado la elasticidad a través del tiempo se mantiene constante.

- b) Lineal con desplazamiento constante [tipo II para el SIMOP].

La ecuación de esta curva es:

$$\begin{aligned}D_t &= N_t * Q_t * F \\ Q_t &= a_t + b * P_t\end{aligned}$$

donde las variables se definen en los mismos términos que en el caso anterior.

A diferencia de la curva Tipo I, esta ecuación permite el incremento en las dotaciones por usuario a través del tiempo ( $a_t$  variable en  $t$ ), fenómeno usualmente asociado al crecimiento del ingreso real de la población.

Estas curvas tienen la propiedad de que la pendiente de la curva de demanda es constante a través del tiempo, pero que la elasticidad-precio es variable tanto a lo largo de la curva en un momento del tiempo, como a través del tiempo para un precio dado.

- c) Curvilínea con elasticidad precio constante o hipérbola equilátera (tipo III en el SIMOP). La forma funcional es en este caso:

$$\begin{aligned}D_t &= N_t * Q_t * F \\ Q_t &= a_t * P_t^e\end{aligned}$$

donde las variables se definen al igual que en los casos anteriores. En esta situación se utiliza, sin embargo, el parámetro  $e$ , que representa la elasticidad precio (constante) a lo largo de la curva y a través del tiempo para todos los precios.

Es necesario destacar la importancia que tiene el entregar al SIMOP un conjunto coherente de parámetros para que fije la posición de la curva en el año 0 del análisis. Para estos efectos el SIMOP

---

<sup>14</sup> Esto resulta del hecho que la curva es lineal.

solicita se ingresen como datos un punto (P, Q) cualquiera de la curva para el año 0, la elasticidad-precio en ese punto y el tipo de curva a ser utilizada. Sólo en la medida que estos datos sean coherentes se asegurará que la curva está correctamente posicionada.

La aplicación del modelo SIMOP, en cuanto a cálculo de los beneficios, involucra la necesidad de identificar apropiadamente las clases de usuarios relevantes para el análisis. Siguiendo lo ya señalado anteriormente es usual distinguir al menos entre usuarios existentes y usuarios nuevos al sistema. Para cada uno de estos casos habrán requerimientos de información específicos asociados con la situación de capacidad o de precios en la condición sin proyecto.

Además, resulta conveniente desagregar los consumidores según su tipo: residenciales, comerciales, industriales e institucionales. Por otra parte, para algunos casos es también importante separar los usuarios residenciales según su nivel económico (bajo, medio y alto ingreso). Ocasionalmente es también deseable desagregar a los usuarios según su ubicación en la ciudad, por cuanto ello puede incidir en restricciones específicas de racionamiento o de costos de provisión del servicio. Para cada caso se indican las respectivas elasticidades-precio y el tipo de curvas de demanda a utilizar.

El SIMOP permite utilizar un máximo de cinco clases de consumidores para lo cual se debe disponer de las respectivas curvas de demanda, y demás datos como precio y costo alternativo de suministro.

En el caso que los proyectos estén destinados a financiar obras dirigidas a sectores de bajos ingresos, se utiliza el mencionado concepto de necesidades básicas. Se acepta en este caso la utilización de una curva de demanda que predice, a las tarifas vigentes, una dotación de consumo media superior a la observada en este tipo de consumidores. Esta curva está significativamente desplazada a la derecha de la verdadera curva de demanda (privada) para familias de bajos ingresos y su utilización buscaría reflejar un cierto concepto de necesidades básicas. Este concepto sugiere que para población en condición de pobreza, la determinación de beneficios debe basarse en una curva de demanda "social" que refleje la valoración que otros miembros de la sociedad, no pobres, asignan al consumo de los grupos pobres.<sup>15</sup>

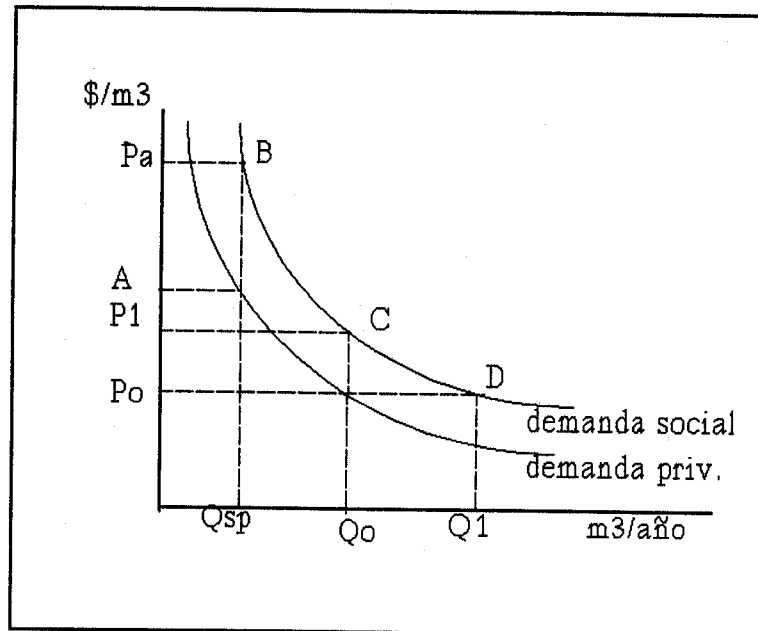
---

<sup>15</sup> Ver Harberger, Arnold C.: "Necesidades Básicas versus Ponderaciones Distributivas en el Análisis Costo-Beneficio"; CIAPEP, Tópicos Especiales, Tomo VIII B; Pontificia Universidad Católica de Chile, 1980/81.

En el gráfico N° 3 que se muestra a continuación se indica, en primer lugar, la curva de demanda privada a partir de las características de consumo efectivos del grupo de consumidores de interés. Al nivel de precio que están enfrentados, denominado en este caso  $P_0$ , el nivel de consumo anual demandado sería de  $Q_0$ . La curva de demanda "social" asignada a este grupo, que refleja el concepto de necesidades básicas, se obtiene suponiendo que al precio  $P_0$  habría un consumo agregado de  $Q_1$  unidades, en el cual se incorpora la dotación deseable para estos consumidores. Se mantiene a la vez la elasticidad-precio estimada para los consumidores de bajos ingresos, lo cual determina que la curva social estará desplazada paralelamente hacia afuera en relación con la privada, como se indica en el gráfico.

Para efectos de su utilización como dato de entrada del SIMOP, es necesario determinar el punto  $P_1-Q_0$  que pertenece a la curva social. Este punto identifica, para efectos del modelo computacional, la nueva curva, y es adicionalmente la base sobre la que se determinan los beneficios. Estos aspectos se detallan a continuación.

Gráfico N° 3: Curvas de demanda privada y social



En el gráfico se tienen las siguientes variables precio-cantidad:

$Q_{sp}$  : consumo de agua sin proyecto al precio A, para el abastecimiento desde la fuente alternativa

- A : precio efectivo del agua de la fuente alternativa.
- $P_a$  : precio hipotético que determina un consumo  $Q_{sp}$  aplicado a la curva de demanda social. Corresponderá al registro A en el SIMOP.
- $Q_o$  : demanda real del grupo consumidor al precio  $P_1$  (tarifa marginal vigente). Este monto se indicará en el respectivo registro D.
- $P_1$  : precio del agua, en la curva de demanda social, para el consumo real. Este precio se identificará como el registro T en el SIMOP y en el correspondiente registro D.
- $Q_1$  : consumo al precio  $P_o$  (tarifa real), correspondiente a una dotación de 200 lt/hab/día.
- $P_o$  : precio del agua, corresponde a la tarifa marginal vigente (incluye cargo variable de agua potable y de alcantarillado, si corresponde).

El precio  $P_1$  que se utilizará en la simulación, se calcula a partir de la ecuación de la curva de demanda según el siguiente detalle.

La ecuación de la curva de demanda social en el punto D está dada por:

$$(1) \quad Q_1 = a \cdot P_o^e$$

Con esta ecuación se determina la constante "a", que fija la posición de la curva de demanda social, conociéndose el resto de las variables de la ecuación. En este caso se conoce el punto D de la curva, definido por la intercepción  $P_o$ - $Q_1$  y la elasticidad-precio de la demanda "e".

El punto C (ver gráfico) será el que se entregue al modelo (en los registros D) para que este genere la curva de demanda social. Este punto quedará determinado con  $Q_o$  (dato),  $P_1$  (a obtenerse) y el valor "a" resuelto de la ecuación (1). La ecuación (2) siguiente representa el punto C:

$$(2) \quad Q_o = a \cdot P_1^e$$

Reemplazando (1) en (2) y despejando se obtiene una expresión simplificada para el valor deseado  $P_1$ :

$$(3) \quad P_1 = P_0 \cdot (Q_0/Q_1)^{(1/e)}$$

Para determinar el valor de  $P_a$  (punto B del Gráfico N° 2), que entrará al SIMOP como registro A, se utiliza la ecuación siguiente:

$$(4) \quad P_a = [Q_{sp}/a]^{(1/e)}$$

Para resumir, en los registros D que fijan la posición de la curva de demanda para el año cero del análisis, se deben entrar las coordenadas del punto C, dadas por  $Q_0$  y  $P_1$ . De estos, el primer valor es un dato, que depende de la dotación efectiva de consumo del grupo beneficiario, y  $P_1$  se calcula de acuerdo con lo ya señalado. Para los años siguientes se utilizan como dato de entrada al SIMOP,  $P_1$  como valor fijo en los registros T y  $P_a$  en los registros A.

El procedimiento indicado permite asegurar la coherencia del cálculo de beneficios, por cuanto el SIMOP establecerá como beneficios del proyecto el área bajo la curva de demanda social entre  $Q_{sp}$  y  $Q_0$ .

#### **4.4 Modelo de simulación SIMOP**

La determinación de los beneficios de este tipo de proyecto, en base a la metodología descrita en el punto anterior, es posible con apoyo del modelo computacional SIMOP, desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo.

El mencionado modelo permite determinar, en base a un análisis costo-beneficio, la rentabilidad de los proyectos. La rentabilidad se mide en base a los indicadores VAN (Valor actual neto) y el TIR (tasa interna de retorno). Un proyecto es rentable si el VAN es mayor que cero y la TIR mayor a la tasa de descuento utilizada para actualizar los flujos netos (12%).

Para el uso del referido modelo, se recomienda tener presente los siguientes aspectos:

- Número de consumidores. El SIMOP acepta hasta 5 grupos de consumidores, de manera que si es posible se pueden considerar los siguientes grupos: nuevos consumidores, es decir

consumidores que se incorporan al sistema de agua potable por la materialización del proyecto; consumidores residenciales de bajos ingresos, consumidores residenciales de otros ingresos y consumidores no residenciales.

- Horizonte de análisis económico de 20 años.
- Año de inicio de los beneficios del proyecto, este corresponde al año siguiente de construidas las obras del proyecto.
- Tasa de descuento social de 12% constante para todo el período de análisis.
- Capacidad sin proyecto, corresponde a la capacidad media de producción, descontadas las pérdidas, del elemento mas restrictivo del sistema. Si del diagnóstico de la situación actual se determina la necesidad de optimizar la infraestructura actual para recuperar niveles de producción se debe adoptar como capacidad sin proyecto la que permitan las obras de recuperación de la infraestructura actual.
- Capacidad incremental, corresponde a la capacidad media de producción, descontadas las pérdidas, de las nuevas obras que aportará el proyecto de expansión.
- Capacidad de abastecimiento de los nuevos consumidores en las fuentes alternativas en uso. En este caso si no existe restricción en la oferta de la fuente que están utilizando estos consumidores, se debe poner cero (0) en la tarjeta K.
- Elasticidad precio corresponde al valor determinado en el estudio de mercado de agua, o bien considerar el valor recomendado por el Organismo de Planificación Nacional.
- La tarifa a utilizar corresponde al cargo variable en aplicación para el año base adoptado. Dependiendo del esquema tarifario que se esté aplicando, deberá señalarse el cargo variable correspondiente para cada grupo consumidor.
- Demanda anual para cada grupo consumidor identificado. Corresponde al consumo verificado el año base al nivel tarifario definido en el punto anterior.



- Tipo de curva de demanda, corresponde a la determinada en el estudio de mercado de agua. El modelo da la opción de utilizar, para cada tipo de consumidor que se identifique, curvas de tres tipos: - tipo lineal con intercepto en la ordenada de los precios constante, denominadas en el SIMOP como tipo I; - lineal con desplazamiento constante, tipo II; - y las del tipo hiperbólico (tipo III en la denominación del SIMOP).
- Tasa de crecimiento de la demanda, se recomienda definir el mayor número de tramos de crecimiento de manera de simular con mayor aproximación a las proyecciones la demanda de agua por grupo.
- Tarifa futura. Se debe definir si la tarifa sufrirá cambios reales a futuro como consecuencia de nuevos estudios tarifarios.
- Costos periódicos. Deberán corresponder a gastos anuales en un determinado período y expresados en valores económicos. Usualmente corresponde a los costos fijos de operación y mantenimiento.
- Costos no periódicos. Al igual que en los costos periódicos deberán expresarse en costos económicos. Se deberá exponer claramente la corrección de los precios privados a económicos, señalando para los tipos de obras las componentes transables y no transables de las mismas. Corresponden a las inversiones iniciales y posibles reposiciones de equipos en el horizonte del proyecto.
- Costos variable unitarios. Corresponden a aquellos costos de operación y mantenimiento que varían con la producción y se entregan al modelo como  $\$/m^3$ .

Finalmente el modelo entrega como listados de salida la siguientes información:

- los flujos de consumos anuales agregados de cada grupo de consumidores, unido a la tarifa de racionamiento, elasticidad precio, precio en la situación sin proyecto.
- los beneficios anuales que reciben los consumidores por disponer de mas agua por la ejecución del proyecto, en el caso de nuevos consumidores se agrega como beneficio el ahorro de costos que les significa no utilizar sus primitivas fuentes individuales de agua.

- los flujos de costo de inversión, operación y mantenimientos fijos y variable y los costos de reposición si corresponde.
- en el último listado se entrega un resumen que contiene: el valor presente de los beneficios de cada grupo consumidor; el valor presente de los todos los costos incrementales del proyecto en su fase de construcción y de operación; el valor presente neto o VAN y la TIR.

En el capítulo se entrega una aplicación de esta metodología y del SIMOP, evaluando un proyecto de agua potable y de alcantarillado de una localidad ubicada en la VII región de Chile (Longaví).

## 5. Metodología de Evaluación de proyectos de alcantarillado de aguas servidas

*Los proyectos de instalación de sistemas de alcantarillado tienen beneficios evidentes para la salud y el mejoramiento del entorno de las viviendas y en general tienen incidencia en el mejoramiento de la calidad de vida de las familias.*

*Como se explicó anteriormente este tipo de proyectos de eliminación de las aguas servidas, tienen dos componentes de obras principales, que entregan beneficios individuales (redes) y colectivos (tratamiento de las aguas servidas :*

- Las redes de colectores, las cuales están destinadas a eliminar las aguas servidas de las viviendas, evitando de esta forma los problemas sanitarios y ambientales que provocan los sistemas de disposición individual que utilizan las familias normalmente como soluciones ineficientes para la eliminación de excretas.
- Las obras de tratamiento de las aguas servidas, las cuales están destinadas a eliminar la contaminación que producen las aguas residuales. De esta forma se recuperan espacios recreacionales, se mejora considerablemente el entorno y se permite la vida acuática en el curso o cuerpo receptor de estas aguas.

La medición de los beneficios de estos proyectos, es en extremo compleja y se aplican técnicas de evaluación (usadas preferentemente en el tema medio ambiental) que tratan de medir las preferencias directas y/o explícitas para los bienes que no disponen de un "mercado del bien". Se utilizan esencialmente dos técnicas: la búsqueda de un "mercado de sustitución" y la "simulación del mercado". En el primer caso se parte del supuesto que si no existe un mercado para, por ejemplo un lugar recreacional o para el aire puro, estos elementos si existen como atributos que hacen variar el precio de los inmuebles o el costo de un lugar turístico. Será entonces posible atribuirle a ellos un valor, examinando estos mercados sustitutos.

En el otro caso, cuando no es posible encontrar un mercado sustituto, se puede simular un mercado hipotético, donde los individuos puedan explicar su evaluación para un bien ambiental o un mejoramiento y/o empeoramiento del mismo, indicando así su disponibilidad a pagar por ese bien.

Para lo que respecta a los mercados sustitutos, las técnicas mas utilizadas son las siguientes:

a) Los precios hedónicos.

Esta técnica es utilizada frecuentemente por el sector inmobiliario. Parte de la constatación que la diversidad de los valores ambientales hace variar los precios de los inmuebles. Usualmente se utiliza la técnica de la regresión múltiple sobre un gran número de valores inmobiliarios situados en localidades con distinta carga ambiental o equipamiento.

El uso de precios hedonistas conlleva numerosos problemas teóricos y prácticos, debido a la dificultad de aislar las variables que uno desea medir, de otras que también influyen en los precios.

En estos métodos se estima el efecto sobre los precios producidos por una diferencia de calidad ambiental en un momento del tiempo.

b) La valuación contingente.

Cuando no se dispone de un mercado sustituto o no se considera satisfactorio dicho método, se utiliza otro método de evaluación directa que permite estimar la disposición a pagar por el bien ofertado.

En esta técnica se trata de preguntar directamente a los consumidores mediante un cuestionario o de hacerles expresar en otro modo, cuanto están dispuesto a pagar para conservar un cierto bien ambiental o para aumentarlo (en el caso de eliminar la contaminación por aguas servidas), o cuanto desean recibir para renunciar a su usufructo y/o existencia.

Para hacer más atendibles las estimaciones entregadas por los encuestados es necesario que ellos conozcan el bien en cuestión, señalando o recordándoles el estado actual del entorno y las modificaciones que se prevee que ocurrirán con el proyecto.

Ambos técnicas, permiten estimar la disposición a pagar de las personas frente a un proyecto que les de solución al problema de disposición de las aguas servidas. Pero dada su complejidad, no es recomendable su aplicación en cada proyecto, si no que es aconsejable aplicarla a una muestra de proyecto y expandir los resultados al universo de proyectos disponibles.

En Chile, el Ministerio de Planificación y Cooperación, realizó un estudio para estimar los beneficios de estos proyectos, para lo cual se utilizó la técnica de la Valuación Contingente. Esta se aplicó sobre una muestra de proyecto con un adecuado grado de varianza en las principales variables, tales como: ubicación (se definieron tres regiones: norte, centro, sur); tipo de proyecto (solo redes, redes y tratamiento), tamaño de la población y otros menos relevantes.

Los resultados (valores de la DAP), se utilizaron finalmente para establecer puntos de corte (valores máximos) de el indicador Costo-Eficiencia. De esta forma los valores máximos son los siguientes:

- Proyecto que solo consideran redes de colectores: US\$ 420 por beneficiario
- Proyectos de redes y planta de tratamiento : US\$ 576 por beneficiario

A la fecha y dada la complejidad de la estimación de beneficios, para proyectos de poca envergadura, se recomienda la utilización del indicador Costo-Eficiencia. Es necesario recordar que previo a este análisis se debe definir la alternativa de mínimo costo.

Finalmente, en poblaciones de bajos ingresos es necesario conocer el interés de estas familias por conectarse a las redes de alcantarillado, lo cual constituye costo altos para las mismas. De este análisis es posible establecer, si el desinterés por conectarse es de tipo económico. en tal caso es recomendable incorporar en el financiamiento del proyecto soluciones en base a "casetas sanitarias". Estas corresponden a una instalación de albañilería dotada de un mínimo de artefactos sanitarios y un compartimiento para cocina.

En Anexo 1 se realiza una aplicación de la formulación y evaluación del proyecto de la localidad de Longavi (VII Región- Chile).



## 6. Aplicación de la Metodología de Evaluación a un Proyecto Sanitario

*Este capítulo tiene por objeto efectuar una aplicación de la metodología de formulación y evaluación de proyectos sanitarios de agua potable y alcantarillado, la cual fue expuesta en detalle en los capítulos 3 y 4 de esta Guía. Siguiendo el mismo esquema presentado en el capítulo 3, se entrega un ejemplo sobre un proyecto real de agua potable y alcantarillado para una localidad urbana pequeña (6.174 habitantes).*

La localidad elegida, corresponde a la ciudad de Longaví, la cual pertenece a una de las 77 comunas mas pobres de Chile, según el sistema de estadísticas CASEN del Ministerio de Planificación y Cooperación. La localidad está ubicada en la VII Región administrativa del país la misma que junto a la Comuna de Yerbos Buenas es uno de los Municipios mas pobres de la región. De manera que los proyectos de infraestructura física son indispensables para apoyar la erradicación de la pobreza de la Comuna. En la figura N° 1 se presenta la ubicación geográfica de esta localidad.

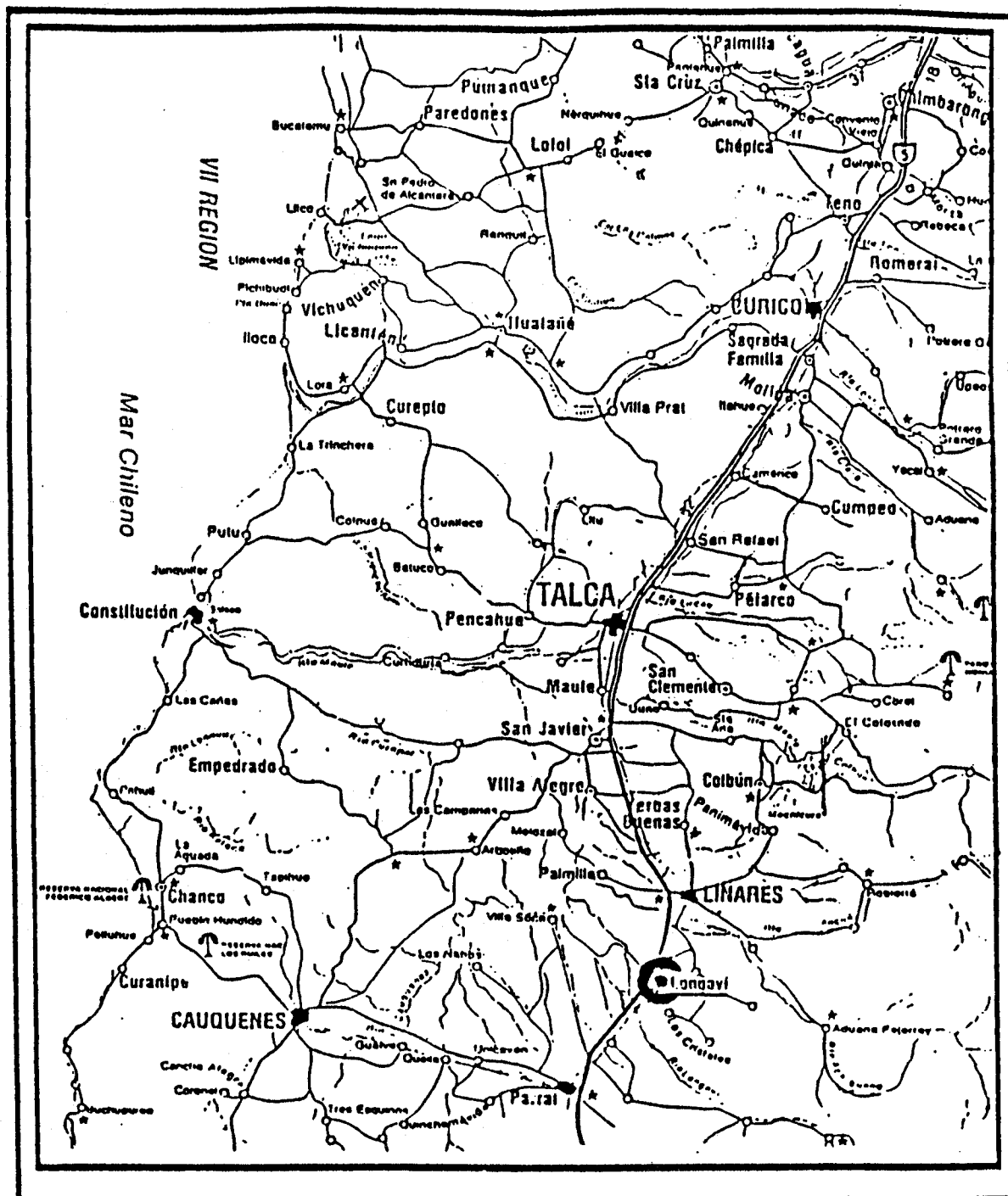
Actualmente esta localidad dispone de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado, los cuales son entregados por la Empresa de Servicios Sanitarios del Maule S.A.. La cobertura en agua potable es alta, alcanzando aproximadamente al 92,5% de la población del área urbana, en cambio la cobertura de las redes de alcantarillado es bajo cubriendo un área de solo el 41%.

Los proyectos elegidos tienen por objetos principalmente los siguientes:

- Lograr un aumento de la cobertura en conexiones de las viviendas a las redes de agua potable y de alcantarillado.
- Para lo anterior se debe ampliar la capacidad de producción y regulación de agua potable y extender las redes de ambos servicios.

**FIGURA Nº 1**

**Ubicación Geográfica de Longavi**





- Eliminar la contaminación que está produciendo la descarga directa de las aguas servidas al río Liguay en el área poblada.

A continuación, utilizando el esquema de formulación y evaluación económica expuesto anteriormente, se presentan los proyectos de agua potable y alcantarillado de Longavi.

### PROYECTO DE MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LONGAVI

Los proyectos de agua potable y alcantarillado de Longaví tienen como avance, a la fecha (1995), los Diseños de Ingeniería, en los cuales se basa esté ejercicio. Durante el año 1996 se espera iniciar las obras de ambos proyectos, para lo cual la Empresa Sanitaria ha presentado los antecedentes con la solicitud de financiamiento al Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN).

La programación original para la construcción de estos proyectos considera ejecutar, por separado, las obras de ambos en los años 1996 y 1997. De manera que es factible esperar una solución definitiva para las familias fuera de cobertura, en el corto plazo.

#### **A. DESCRIPCION DEL AREA DEL PROYECTO**

##### SITUACION GEOGRAFICA

La localidad de Longaví se encuentra ubicada en el extremo Sur de la Región del Maule, a 321 km. de Santiago y al oriente de la Carretera

Panamericana. Pertenece a la Comuna del mismo nombre y dista 15 km al sur de Linares y 70 km de la ciudad de Talca, capital regional

La importancia de este punto radica en que permite conocer variables, que si bien no están directamente relacionadas con el problema, dan un marco de referencia en el cual se efectuará y operará el proyecto.

La localidad se conecta al resto del país, a través de la ruta 5 Sur, a la cual tiene acceso directo. Además, existe la red ferroviaria Sur que puede ser utilizada como medio de transporte de pasajeros y de carga de los productos de la Comuna.

## HIDROGRAFIA BASICA

El valle Central , dentro del cual se sitúa la localidad, posee un ancho variable entre 40 y 60 km con una pendiente suave de Oriente a Poniente y características topográficas uniformes.

Los límites comunales corresponden a tres ríos importantes dentro de la provincia de Linares; el río Longaví, el sur de la Comuna; el río Achibueno, al norte y el río Loncomilla por el oeste. Tales cauces, corresponden a las principales fuentes de agua para la Comuna, que dicho sea de paso es fundamentalmente agrícola. La localidad se desarrolla entre los ríos Liguay por el norte y Longaví por el sur. Más al poniente se ubica el río Loncomilla, afluente del Maule, al cual desagüan los dos ríos anteriores. El caudal que circula por estos ríos es aprovechado por los agricultores de la zona para riego de plantaciones de remolacha y árboles frutales, entre otros.

## DESARROLLO URBANO Y EQUIPAMIENTO

Esta localidad cubre actualmente una superficie urbanizada de alrededor de 134 Hás, emplazada al Sur del río Liguay y a ambos lados de la carretera longitudinal Sur. Se divide por la carretera en dos sectores, el sector Oriente donde se caracteriza la mayor parte de la ciudad (90% de la población) y el sector Poniente (Villa Longavi), donde se emplazan sectores de estrato socioeconómico bajo, representando aproximadamente el 10%.

Durante los últimos años el desarrollo urbano de la localidad se ha basado en la instalación de iluminación pública en diversos sectores del pueblo e instalación de redes públicas de agua potable y alcantarillado.

La pavimentación de calles es muy escasa, limitándose esta a sectores muy reducidos que cubren sólo el 10% del total. En cuanto a la construcción de viviendas, existe un manifiesto déficit de viviendas básicas, que permitan cubrir las necesidades reales de la población.

El área urbana de Longaví, cuenta con la siguiente infraestructura pública:

- Municipalidad; - Red de agua potable y de alcantarillado, administradas por la Empresa de Servicios Sanitarios del Maule (ESSAM S.A.);

- Red eléctrica, administrada por la Cooperativa Eléctrica de Linares;
- Junta de Vecinos; -Escuela Básica; - Correos y Teléfono; - Consultorio Rural;
- Transporte Intercomunal; - Recolección de Basuras.
- Bomberos y Carabineros;

Adicionalmente la ciudad posee equipamiento comercial básico.

En la Figura N° 2, se muestra un esquema de la ciudad (sin escala), presentando las principales calles(sector consolidado), sectores de expansión (Villa Longavi, Cuentas Claras y Población Benavente) y vías principales (ruta 5 Sur, FFCC, camino a los Cristales). Cabe destacar que el nombre de las calles del sector consolidado, tiene relación con la ubicación geográfica respecto a la Plaza de Armas, a partir de la cual nacen las calles Uno Sur, Uno Norte, Uno Oriente y Uno Poniente. (esquema de la ciudad Fig. N° 2)

### ANTECEDENTES DEMOGRAFICOS Y SOCIOECONOMICOS

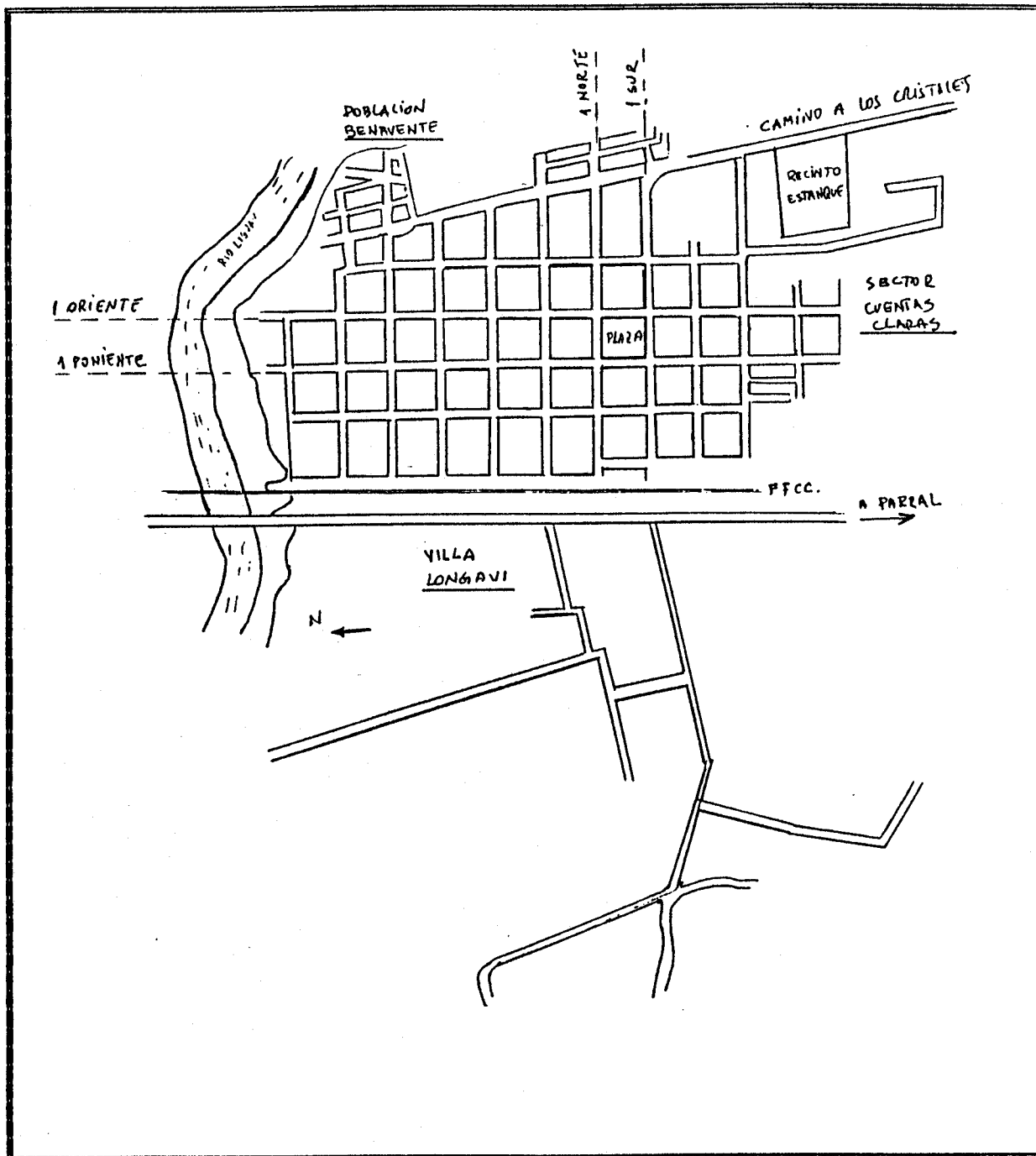
De acuerdo con información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadísticas, obtenida de los Censos desde 1952 a 1992, la localidad presenta la siguiente secuencia histórica:

#### DATOS CENSALES DE POBLACION

AÑO	POBLACION N [Hab]	INCREMENTO MEDIO ANUAL [Hab/año]	TASA CRECIMIENTO [%]
1952	2.902		
1960	3.276	46,8	1,61%
1970	3.861	58,5	1,79%
1982	5.377	126,3	3,27%
1992	6.230	85,3	1,59%
PROMEDIO		79,2	2,07%

**FIGURA N° 2**

**Esquema de la Ciudad de Longaví**



Se puede apreciar que la población de la localidad, ha tenido un incremento medio anual de 79 habitantes por año. En el período intercensal 1970-1982, el aumento fue de 126 habitantes al año, correspondiendo a un incremento excepcional que no se repitió en el siguiente período (1982-1992). Del mismo modo la tasa de crecimiento fue de 2,07% anual en el período intercensal de 1952-1992.

El Censo de 1992 registró un total de 1.260 viviendas, con lo cual se obtiene un índice habitacional de 4,95 habitantes por viviendas.

En general la Comuna, tiene un bajo nivel socioeconómico, con un alto porcentaje de los habitantes situados en los índices de estratificación social considerados prioritarios. La localidad representa una zona netamente agrícola, en donde los ingresos de las personas están ligados directamente a tal actividad.

### ACTIVIDADES ECONOMICAS RELEVANTES

La economía de la zona está basada principalmente en la agricultura, cuyos principales cultivos corresponden al arroz, trigo, frijoles, maíz, remolacha y viñas. Existe además una ganadería que cuenta a la fecha con más de 18.700 cabezas, ocupando una superficie del orden de las 46.600 Has. (Fuente: Asesoría Agrícola Municipal).

Consecuentemente con su carácter rural, un 80% de la población reside en el Sector rural y sólo un 20% lo hace en el Sector urbano (localidad de Longaví). La segunda actividad económica de importancia en la Comuna la constituyen , los servicios públicos y sociales, encontrándose en este grupo a los profesores, funcionarios del Estado y otros.

Por último, cabe destacar la existencia del rubro forestal, que significa mas oportunidades de empleo a las personas que están en condiciones de trabajar, y que a pesar de no consolidarse aún como un sector importante de desarrollo, con seguridad tenderá a afianzarse en un futuro no lejano.

### ANTECEDENTES EN SECTOR SALUD

El servicio de salud está constituido por un Consultorio, que cuenta con atención primaria y de urgencia. El personal de planta está constituido por 2 médicos, 3 enfermeras y 20 auxiliares. Se dispone de una ambulancia.

En la Comuna existen 9 postas y 14 estaciones médicas rurales. En los sectores rurales la atención médica se hace muy difícil debido a las malas condiciones en que se encuentran los caminos, los que se cortan durante las épocas más lluviosas, dejando aisladas las zonas más apartadas de la Comuna.

Respecto a la tasa de mortalidad infantil y neonatal, ha habido una disminución gracias a los avances tecnológicos y a la mayor cobertura en la atención de pacientes de parte del personal a cargo de los centros médicos.

### INFRAESTRUCTURA SANITARIA

El servicio de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Longaví es ofrecido por la Empresa de Servicios Sanitarios del Maule S.A., filial de CORFO.

#### a) Agua Potable

El servicio de agua potable de esta ciudad cuenta con un sistema de abastecimiento intradomiciliario, que a julio de 1994 alcanzaba a los 1.213 suscriptores. Los suscriptores corresponden en un 96% (1.164 arranques de A.P.) a consumidores residenciales, un 2,5% corresponde a consumidores Fiscales (Servicios Públicos, Escuelas) con 30 arranques y el resto (19 suscriptores) están registrados como Comerciales. No obstante la separación por tipo de suscriptores cabe señalar que en todos los casos el consumo es principalmente residencial.

Si se considera el índice de arranques por vivienda, como un indicador de cobertura, se obtiene el siguiente valor:

-	Número de arranques	1.213
-	Número de viviendas(Proyección)	1.311
-	Viviendas sin A.P.	98
-	Cobertura de A.P. (N° arr/viv)	92,5 %

A partir del Censo de 1992 y utilizando la tasa de crecimiento se estimó el número de viviendas para el año 1994. La cobertura se estimó, como sigue:

$$\text{COBERTURA DE A.P.} = \{(N^{\circ} \text{ de arranques} / N^{\circ} \text{ de viviendas}) - 1\} * 100 [\%]$$

Las familias sin agua potable se encuentran en las denominadas zonas de expansión y su abastecimiento es por medio de pozos propios o norias, con extracción manual del agua. No existen pilones comunitarios para el abastecimiento de agua potable de las familias fuera de cobertura.

El sistema de agua potable entrega un servicio aceptable, en cuanto a la calidad del agua y la presión de la misma en las redes de distribución, y entrega un abastecimiento sin interrupción. Sin embargo algunos elementos, como la fuente de agua potable, están trabajando al límite de su capacidad, es decir si se incorporaran las viviendas que actualmente están fuera de cobertura, se produciría un déficit de agua.

b) Alcantarillado

El servicio de alcantarillado que opera en esta localidad, tenía a diciembre de 1994 un total de 534 suscriptores. Utilizando la misma metodología de cálculo de cobertura de agua potable, la cobertura de alcantarillado a dicha fecha es de 40,7%. La red de alcantarillado cubre parcialmente el sector céntrico hasta la calle 5 Norte, el extremo oriente, Cuentas Claras (Sur) y Población Benavante (extremo Nor-Oriente). El sistema descarga sin ningún tipo de tratamiento, mediante dos descargas al río Liguay, ubicadas a un costado de la línea FFCC y en el extremo nor-oriente del pueblo.

La cobertura de este servicio es muy baja, lo que implica que aproximadamente un total de 777 viviendas, a esa fecha, disponen sus aguas servidas en sistemas individuales o unifamiliares. La mayoría de estas familias tienen en sus predios o sitios un pozo negro.

Los principales problemas que presenta el sistema de alcantarillado son básicamente dos:

- Una baja cobertura en redes de alcantarillado, lo cual implica dejar sin este importante servicio a casi un 60% de las viviendas de la localidad.
- La disposición de las aguas servidas crudas, mediante dos tuberías de descarga, al río Liguay. Esto provoca contaminación al curso de agua, el cual por su cercanía a la localidad es usado con fines recreacionales y riego.

## **B. DESCRIPCION Y DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL**

### **B.1 SISTEMA DE AGUA POTABLE**

El servicio de agua potable de la localidad de Longavi fue construido aproximadamente en el año 1963. Este sistema está a cargo de la Empresa de Servicios Sanitarios de El Maule (ESSAM S.A.), la que mantiene una oficina de administración del servicio local en el recinto de captación, dicha oficina está a cargo de un funcionario administrativo y un operario de terreno. Este personal está encargado de operar y mantener el servicio.

Respecto a la infraestructura del servicio, la misma está compuesta por una captación en base a dos sondajes (pozos) que captan el agua desde la napa subterránea. Estos pozos están ubicados en el sector Sur Oriente de la ciudad. Los sondajes, mediante motobombas instalados al interior de los mismos, impulsan el agua hacia un estanque del tipo elevado de hormigón armado (H.A.), de 400 metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de capacidad, el cual está localizado en el mismo recinto de captación.

El agua producida por las fuentes es sometida a desinfección por medio de la inyección de gas cloro, previo a su acumulación en el estanque de regulación.

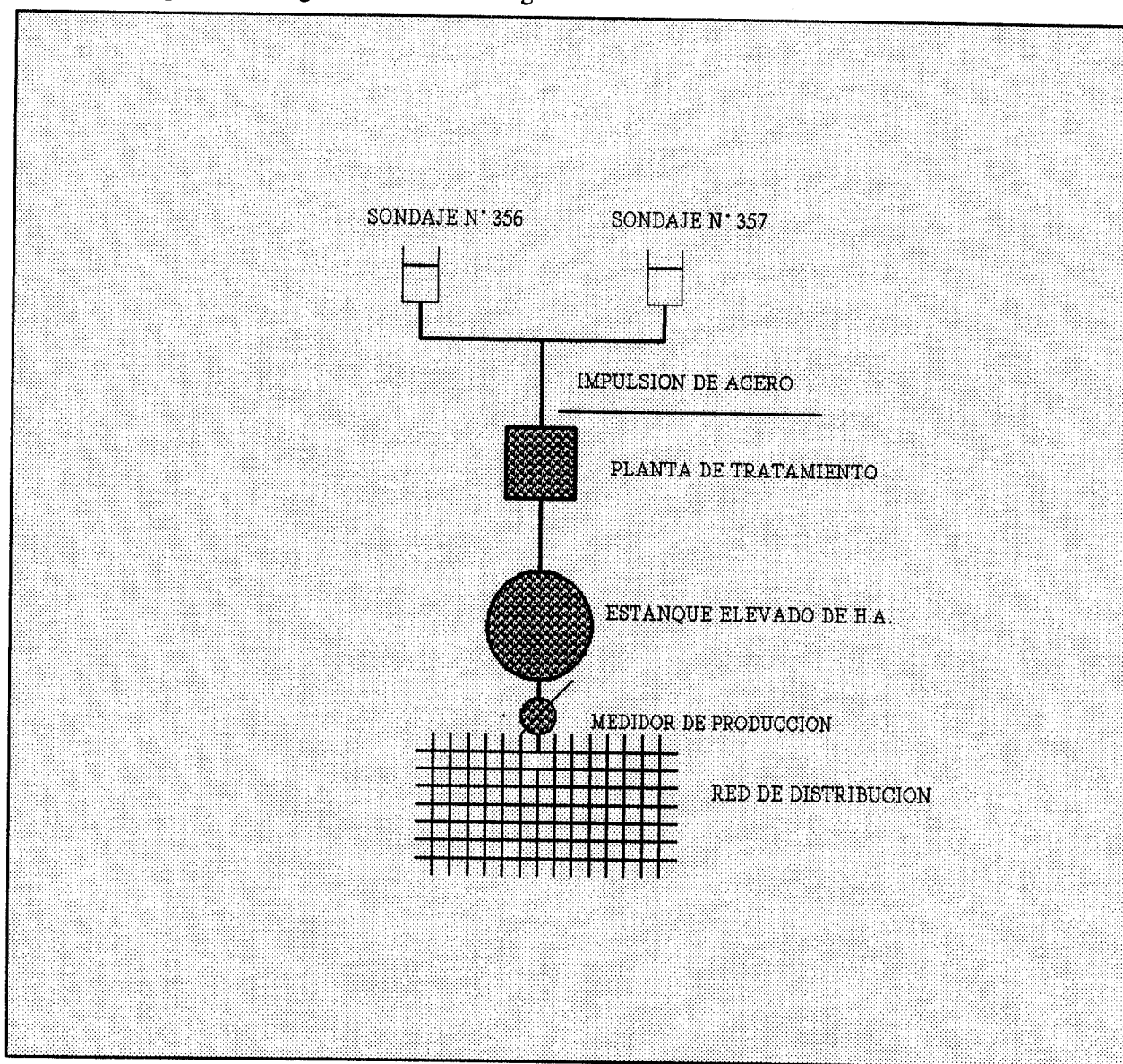
Posteriormente, desde el estanque de regulación el agua es conducida por una matriz hacia la red de distribución. A la salida del estanque el agua es controlada en cuanto al volumen producido mediante un medidor de caudal, en el cual se registran los metros cúbicos producidos por un período de tiempo (día, mes, año).

En la Figura 4, se muestra en forma esquemática el actual sistema de abastecimiento de agua potable, descrito someramente.

A continuación se presenta un detalle de los elementos componentes del sistema de agua potable y como resultado del Diagnóstico la capacidad y estado físico y operativo de los mismos:



**Figura 4:** Esquema de Agua Potable de Longavi



### B.1.1 Fuentes de Abastecimiento

Como se señaló anteriormente, la fuente de abastecimiento está compuesta por dos sondeos de captación de aguas subterránea, identificados con los números 356 y 357. Se ubican a 5 metros (m) de distancia entre sí. Ambos sondeos se construyeron en el año 1956.

Cada sondeo está dotado de un equipo motobomba sumergido de 20 HP de potencia cada una. La capacidad de producción de agua de los sondeos, medida como caudal, es de 20 litros por segundo

(l/s) cada uno. La distancia entre los sondajes obliga a una operación alternada de los mismo. Al trabajar ambos sondajes a la vez la producción de cada uno de ellos bajaría considerablemente por lo que no se recomienda esta forma de trabajo.

Ambos sondajes tiene su vida útil en el límite (más de 30 años de operación) por lo que se recomienda a la brevedad una mantención de los mismos o el reemplazo por nuevos pozos.

Desde ambos sondajes el agua es transportada por cañerías de acero de 5 m de longitud, cada una de estas impulsiones (cañerías que transportan el agua en presión) empalman en un punto común, continuando con una cañería de 200 milímetros (mm) de diámetro hasta descargar en el estanque. La longitud de el tramo de cañería común es de 55 m. El estado de esta cañería es bueno.

De acuerdo con la observación directa de cada una de las instalaciones que conforman los sondajes, cañerías de impulsión y piezas especiales, se verificó que todas estas unidades están en buenas condiciones físicas y estructurales, a pesar de la antigüedad de las obras.

En resumen la capacidad en fuentes de agua potable del sistema actual está reducida a la operación de un sondaje a la vez con una producción de 20 l/s.

### **B.1.2 Sistema de Tratamiento**

El agua extraída de los pozos de captación sólo es desinfectada mediante gas cloro antes de ser entregada directamente a la población. El punto de suministro de este reactivo químico se produce entre el punto de confluencia de las cañerías que transportan el agua de los pozos y el estanque de regulación.

Sólo existe una unidad de cloración, la cual funciona en forma automática y sincronizada con los sondajes. Para tal efecto se dispone de una caseta de cloración de albañilería de 79 m<sup>2</sup>, en la cual se ubican los siguientes equipos: Dosificador de gas cloro, bomba de vacío y cilindro de gas cloro.

El estado de todos los elementos de este sistema es bueno, requiriendo mantención menor referida a pintura de la caseta.

Los análisis de calidad de agua recomiendan como único tratamiento la aplicación de una dosis de 2,27 miligramos de cloro por litro de agua producida (mg/lit). Otros parámetros físico-químicos presentes en el agua cruda, se encuentran bajo los límites admisibles por las Normas Chilenas de Calidad de Agua (Nch 409).

### **B.1.3 Sistema de Regulación**

El estanque existente es elevado de hormigón armado (H.A.), el cual cumple la labor de compensar las variaciones que se producen entre la fuente de alimentación (pozos) y el consumo domiciliario; adicionalmente dispone de un volumen de reserva frente a fallas del sistema y para siniestros. La capacidad total de almacenamiento es de 400 m<sup>3</sup>.

La alimentación de este estanque se efectúa a través de una cañería de acero de diámetro igual a 200 mm, la cual nace en el punto de encuentro de las cañerías de 200 mm que provienen de los sondajes. La estructura soportante del estanque es en base a albañilería reforzada.

En cuanto al sistema de detección de niveles de agua, el mismo cuenta con un sistema de guarda niveles máximo y mínimo automático que gobiernan la partida y parada de los equipos de bombeo a través del tablero eléctrico de control y comando.

En general el estado físico actual de las obras que conforman el estanque e interconexiones hidráulicas es bueno. Estructuralmente el estanque se encuentra en buen estado de conservación, no se detectan grietas ni filtraciones. Se recomienda una mano de pintura exterior.

### **B.1.4 Matriz de Distribución**

Esta cañería corresponde a la tubería que abastece de agua potable a la red de distribución de la ciudad, desde el estanque de regulación hasta el punto de conexión con la red de cañerías de distribución del pueblo. La matriz es de asbesto cemento de 200 mm de diámetro y posee una longitud de 402 m.

De acuerdo con el catastro físico se determinó que la cañería matriz que alimenta la red de distribución se encuentra en buen estado estructural.

En esta cañería se encuentra instalado, próximo al estanque, un medidor de accionamiento mecánico de caudal (cantidad de agua que pasa por la tubería en unidad de tiempo), el cual permite medir la cantidad de agua producida. Este equipo se encuentra en buen estado de conservación y funcionando en buenas condiciones

#### **B.1.5 Red de Distribución**

La longitud total de la red es de 19.574 m y está constituida principalmente por tuberías de asbesto cemento, la cual representa el 61,8% del total.

Los tramos mas antiguos instalados de la red son del año 1963 (32 años de operación al año 1995). En el último tiempo se han realizado extensiones de la red, en material de PVC, alcanzando las mismas una longitud de 7.429 m (38% de la longitud de la red total). Estas últimas extensiones se han realizado en el sector Villa Longaví y Cuentas Claras.

En cuanto a las válvulas instaladas en las tuberías para regular el flujo de agua por las mismas, se contabilizaron un total de 51 unidades.

A lo largo de la red se ubican un total de 50 grifos de incendio, del tipo columna y pedestal. Un total de 38 grifos se encuentran en buen estado físico, con sus interconexiones operables. Con el objeto de permitir una fácil operación y mantención se deberán construir cámaras de válvulas de tamaño adecuado, a fin de permitir el ingreso a su interior del personal de operaciones del servicio.

Los registros de la Empresa señalan que todas las conexiones domiciliarias disponen de un medidor para el control familiar del consumo de agua. El volumen registrado se realiza mensualmente. No existen pilones comunitarios de abastecimiento de agua.

En general el estado de las cañerías es bueno, a pesar de que la red más antigua data del año 1963. Del mismo modo el estado de las válvulas es bueno en 42 casos, las restantes 10 válvulas necesitan una mantención menor. Sólo 17 válvulas están protegidas con una cámara, por lo tanto, dentro de las obras de mejoramiento se deberá prever la construcción de cámaras de válvulas.

### **B.1.8 Conclusiones del Diagnostico de las Obras de Agua Potable**

El diagnóstico efectuado a la infraestructura existente, permite concluir lo siguiente:

- En cuanto a la fuente, cabe señalar que ambos sondajes están en el límite de su vida útil, por lo cual deberá considerarse a la brevedad una mantención o bien su reemplazo. Esta situación es definida mas adelante.
- Se presentan algunos problemas en la red de distribución en la cual se dispone presiones bajas debido a la altura del estanque de regulación. Esta situación se ve agravada en época de verano, período en que aumenta la demanda por agua potable. Por otro lado, se deberán reemplazar los tramos de red que tienen diámetros menores a los necesarios para una adecuada operación de la misma.
- Respecto a las interconexiones hidráulicas de la red, se requiere efectuar mejoramientos, tanto en los grifos como de las válvulas. En ambos casos se deben construir cámaras de hormigón. En el caso de los grifos, todos aquellos del tipo de solera deberán ser reemplazados por grifos del tipo columna.
- Se deben instalar medidores a la salida de los sondajes para medir la producción de los mismos.

## **B.2 SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

Como se señaló en el capítulo anterior (A.-) en esta localidad existe una red de alcantarillado que la cubre parcialmente. La cobertura con este sistema alcanza solo al 40,7%, a diciembre de 1994, registrando a esa fecha un total de 534 suscriptores. Esto implica que 777 familias no disponen de tan importante servicio. A continuación se exponen las características mas relevantes del sistema actual y las conclusiones del diagnóstico de la infraestructura.

### **B.2.1 Descripción General del Sistema**

El sistema de Alcantarillado es del tipo de redes colectoras separadas de aguas servidas. Esto quiere decir que las redes existentes fueron diseñadas, y así operan, para capturar solo las aguas servidas, es decir, no capta las aguas lluvias salvo por infiltración no deseada. La red tiene una longitud total

de 11.800 m de colectores, el material predominante es de cemento comprimido (72,3%). En las redes, para labores de mantención y limpieza de las mismas, se encuentran instaladas un total de 106 cámaras de inspección.

La red posee dos descargas, ambas se efectúan al río Liguay sin tratamiento previo y sus características principales son las siguientes:

- Descarga N° 1. Esta se ubica en la prolongación de la calle 3 Poniente y sirve al sector centro y Sur cubriendo una superficie de 109,92 Hás.. Su funcionamiento es ampliamente deficiente y presenta continuos embanques.
- Descarga N° 2. Es la más antigua y sirve al sector Oriente, la superficie tributaria en esta descarga alcanza a 24,02 Hás. Es la red que presenta mayores problemas de funcionamiento, debido principalmente a sus bajas pendientes. Se localiza en el sector Nor Poniente, a un costado del trazado de la línea férrea. Se encuentra en buenas condiciones operacionales.

Las aguas recolectadas son exclusivamente de origen doméstico no presentándose desechos del tipo industrial. El sistema de redes trabaja en forma gravitacional en todos los tramos de colectores, no requiriendo el uso de equipos de bombeo de aguas servidas.

En cuanto al cuerpo receptor de las aguas servidas, este corresponde al río Liguay, es generalmente caudaloso, ocurriendo los caudales mínimos en los meses de febrero y abril. Desemboca al río Longaví en un punto situado a 6 Km al Nor Poniente de Longaví. En la Figura N° 4, se entrega un esquema muy simplificado del sistema de alcantarillado, señalando las redes y la ubicación de las descargas de aguas servidas al río Liguay. (Esquema del sistema de alcantarillado, fig. N° 4)

### **B.2.2 Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado**

Este sistema se caracteriza por poseer pendientes mínimas (esto es dado por la topografía del terreno), colectores ubicados a profundidades de más de 4 metros. El diagnóstico físico operativo permite concluir que la red de colectores existentes se encuentra en regulares condiciones de funcionamiento, para evacuar los caudales de aguas servidas.

### **B.1.8 Conclusiones del Diagnostico de las Obras de Agua Potable**

El diagnóstico efectuado a la infraestructura existente, permite concluir lo siguiente:

- En cuanto a la fuente, cabe señalar que ambos sondajes están en el límite de su vida útil, por lo cual deberá considerarse a la brevedad una mantención o bien su reemplazo. Esta situación es definida mas adelante.
- Se presentan algunos problemas en la red de distribución en la cual se dispone presiones bajas debido a la altura del estanque de regulación. Esta situación se ve agravada en época de verano, período en que aumenta la demanda por agua potable. Por otro lado, se deberán reemplazar los tramos de red que tienen diámetros menores a los necesarios para una adecuada operación de la misma.
- Respecto a las interconexiones hidráulicas de la red, se requiere efectuar mejoramientos, tanto en los grifos como de las válvulas. En ambos casos se deben construir cámaras de hormigón. En el caso de los grifos, todos aquellos del tipo de solera deberán ser reemplazados por grifos del tipo columna.
- Se deben instalar medidores a la salida de los sondajes para medir la producción de los mismos.

## **B.2 SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

Como se señaló en el capítulo anterior (A.-) en esta localidad existe una red de alcantarillado que la cubre parcialmente. La cobertura con este sistema alcanza solo al 40,7%, a diciembre de 1994, registrando a esa fecha un total de 534 suscriptores. Esto implica que 777 familias no disponen de tan importante servicio. A continuación se exponen las características mas relevantes del sistema actual y las conclusiones del diagnóstico de la infraestructura.

### **B.2.1 Descripción General del Sistema**

El sistema de Alcantarillado es del tipo de redes colectoras separadas de aguas servidas. Esto quiere decir que las redes existentes fueron diseñadas, y así operan, para capturar solo las aguas servidas, es decir, no capta las aguas lluvias salvo por infiltración no deseada. La red tiene una longitud total

de 11.800 m de colectores, el material predominante es de cemento comprimido (72,3%). En las redes, para labores de mantención y limpieza de las mismas, se encuentran instaladas un total de 106 cámaras de inspección.

La red posee dos descargas, ambas se efectúan al río Liguay sin tratamiento previo y sus características principales son las siguientes:

- Descarga N° 1. Esta se ubica en la prolongación de la calle 3 Poniente y sirve al sector centro y Sur cubriendo una superficie de 109,92 Hás.. Su funcionamiento es ampliamente deficiente y presenta continuos embanques.
- Descarga N° 2. Es la más antigua y sirve al sector Oriente, la superficie tributaria en esta descarga alcanza a 24,02 Hás. Es la red que presenta mayores problemas de funcionamiento, debido principalmente a sus bajas pendientes. Se localiza en el sector Nor Poniente, a un costado del trazado de la línea férrea. Se encuentra en buenas condiciones operacionales.

Las aguas recolectadas son exclusivamente de origen doméstico no presentándose desechos del tipo industrial. El sistema de redes trabaja en forma gravitacional en todos los tramos de colectores, no requiriendo el uso de equipos de bombeo de aguas servidas.

En cuanto al cuerpo receptor de las aguas servidas, este corresponde al río Liguay, es generalmente caudaloso, ocurriendo los caudales mínimos en los meses de febrero y abril. Desemboca al río Longaví en un punto situado a 6 Km al Nor Poniente de Longaví. En la Figura N° 4, se entrega un esquema muy simplificado del sistema de alcantarillado, señalando las redes y la ubicación de las descargas de aguas servidas al río Liguay. (Esquema del sistema de alcantarillado, fig. N° 4)

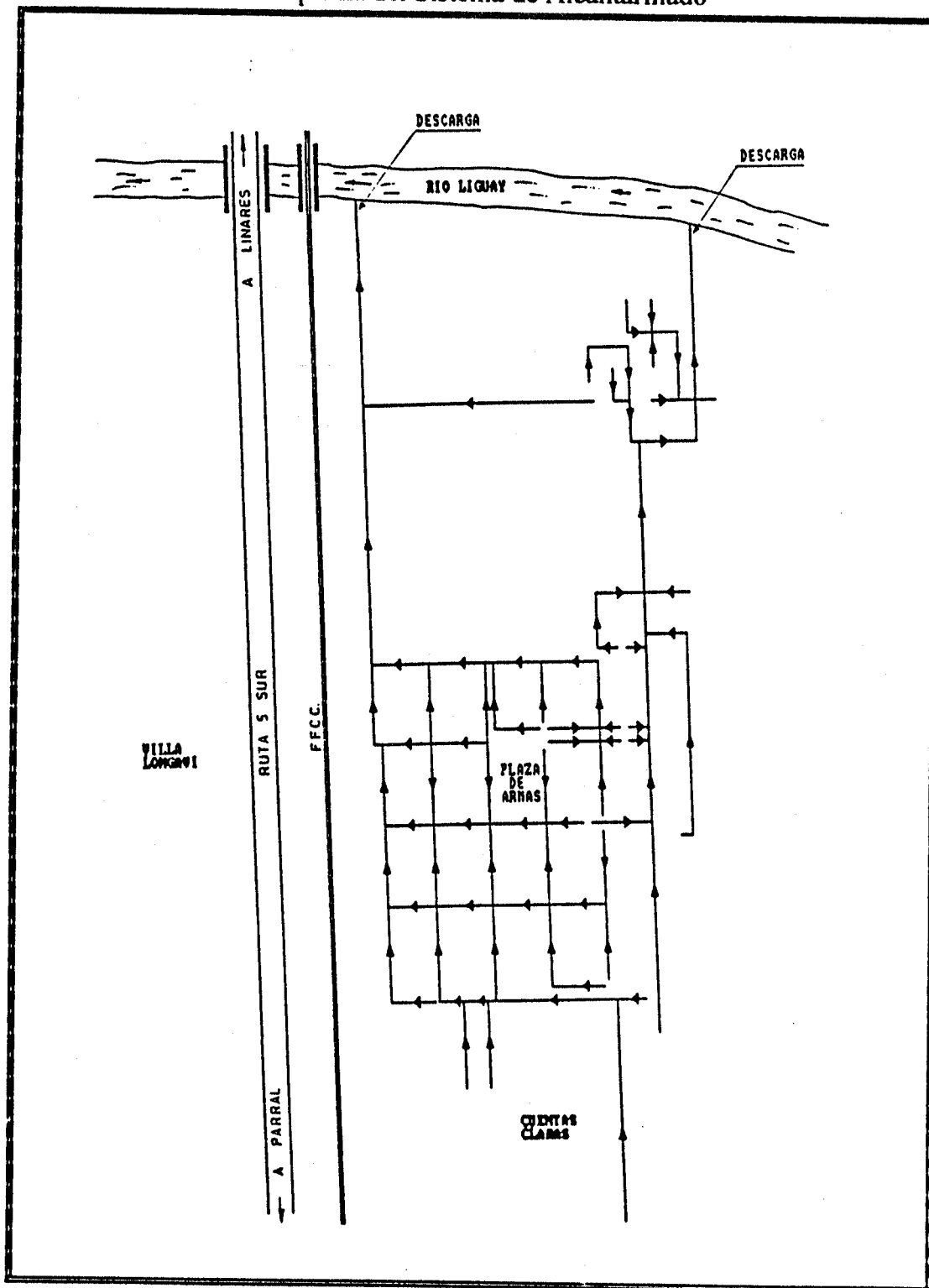
### **B.2.2 Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado**

Este sistema se caracteriza por poseer pendientes mínimas (esto es dado por la topografía del terreno), colectores ubicados a profundidades de más de 4 metros. El diagnóstico físico operativo permite concluir que la red de colectores existentes se encuentra en regulares condiciones de funcionamiento, para evacuar los caudales de aguas servidas.



**FIGURA N° 4**

**Esquema del Sistema de Alcantarillado**



En el sector Central y Poniente se presentan bajas pendientes debido fundamentalmente a la topografía del terreno y a la configuración de la red, lo que origina algunos tramos embancados.

A continuación se efectúa una breve descripción y análisis operacional de los distintos elementos componentes del sistema:

### CAMARAS DE INSPECCION

El sistema dispone de 106 cámaras. El diagnóstico físico de ellas en general es bueno, mientras que el operacional es sólo más que regular. En este sentido se puede señalar que existen varias cámaras embancadas e inundadas producto fundamentalmente de las bajas pendientes y falta de limpieza y mantención de las cámaras.

### COLECTORES DE AGUAS SERVIDAS

El estado operacional del sistema de colectores es en general regular, observándose un buen porcentaje de colectores embancados y anegados, que ocasionan problemas operativos en varios sectores.

El problema que presenta la red de colectores, se refiere a la existencia de pendientes menores de las críticas aceptadas lo que se traduce en bajas velocidades de escurrimiento, facilitando la producción de embanques. El problema más serio es operativo para los casos que presentan algún grado de embancamiento e inundados ya que requieren de constante limpieza.

### DESCARGAS

Como se mencionó anteriormente, la disposición final se realiza sin ningún tipo de tratamiento previo, al río Liguay, lo cual se realiza mediante dos descargas.

El problema más grave se presenta en la disposición final de las aguas servidas, provocando un foco de infección. Por lo tanto se debe eliminar estas descargas directas al río.

## RESIDUOS INDUSTRIALES

En el sistema de alcantarillado no se presenta descargas de residuos industriales.

### **B.2.3 Conclusiones**

- En base a lo expuesto, el sistema de alcantarillado, se puede calificar como de regular, puesto que en todas sus unidades constitutivas se detectaron fallas físicas y operativas (leves y graves), que atenta contra el buen funcionamiento del sistema.
- El sistema de redes cubre parcialmente el sector consolidado de la localidad (entre calles 5 Norte y 3 Sur), el sector de Cuentas Claras (extremo Sur) y la Población Benavente (extremo Nor Oriente). Las redes instaladas permiten una baja cobertura y dejan a todo el sector Poniente (Villa Longavi aproximadamente 116 viviendas)) fuera de cobertura.
- Un gran riesgo para la población representan las actuales descargas de las aguas servidas, las cuales se efectúan en el área poblada de la ciudad. Esto implica dos focos de permanente infección, lo que se agrava principalmente en verano. El proyecto debe considerar la eliminación de estas descargas.
- Es fundamental, unido a la eliminación de las actuales descargas, la incorporación de un sistema de tratamiento de las aguas servidas para eliminar la contaminación que actualmente se produce al curso receptor (río Liguay)
- La capacidad del sistema existente permite atender a una población aproximada de 3.417 habitantes o 690 suscriptores (uniones domiciliarias).

### C. OPTIMIZACION DE LA SITUACION ACTUAL (Situación Sin Proyecto)

De acuerdo con las conclusiones del Diagnóstico de la infraestructura física de agua potable y alcantarillado, es necesario definir un conjunto de obras menores que permitan mantener en forma operativa las instalaciones. Para fines de evaluación del proyecto estas obras son de la situación sin proyecto, es decir son obras que deben realizarse aun cuando no se lleve a cabo el proyecto de mejoramiento y ampliación.

La definición de obras, basadas en los resultados del Diagnóstico de la infraestructura existente, permite optimizar la operación del servicio, lo cual puede traer como beneficios: - una disminución de los costos de operación; - una disminución del nivel de pérdidas de agua; - un mejor servicio para los suscriptores del servicio.

A continuación se entrega por separado el conjunto de obras para ambos sistemas:

#### C.1 Sistema de Agua Potable

Se presenta a continuación las obras de optimización de la situación actual y los costos de ellas. Los valores monetarios están referidos al IPC de diciembre de 1994.

<u>OBRAS</u>	<u>Monto (Miles de \$)</u>
a) Fuentes de abastecimiento	
- Cambio de las bombas elevadoras de ambos pozos	9.069
- Colocación de medidores de caudal en ambos pozos	1.578
b) Estanque de regulación	
- Mantenimiento (limpieza y pintura exterior)	789
c) Red de distribución	137
- Reemplazo de cañería en calle 1 Oriente, al norte de calle 7 Norte, en material de PVC	
- Construcción de 39 cámaras de válvulas	5.286
- Instalación de 13 grifos de incendio tipo columna	2.474
<b><u>INVERSION TOTAL OBRAS DE OPTIMIZACION</u></b>	<b>19.333</b>

Como consecuencia de las obras planteadas, en esta situación, el sistema de agua potable no aumentará su capacidad. Por lo tanto la situación sin proyecto es coincidente con la situación actual.

## C.2 Sistema de alcantarillado

De acuerdo al catastro y diagnóstico del sistema, se ha podido identificar una serie de deficiencias físicas y operacionales que atenta contra el buen funcionamiento de las actuales redes de evacuación de aguas servidas.

En este sentido, se identifican diversas obras de mejoramiento y mantención que contribuirán a elevar considerablemente el nivel de servicio a un mínimo costo. El presupuesto resumido de las obras sin proyecto, expresado en moneda de diciembre de 1994, es el siguiente:

<u>OBRAS</u>	<u>Monto (\$)</u>
a) Reposición de tapas de cámaras	73.500
b) Prolongación chimenea en cámaras bajo nivel de terreno	367.100
c) Reparación de cámaras de inspección	807.600
d) Limpieza de cámaras	234.930
e) Mejoramiento de colectores. Limpieza de 1.483 m de colectores.	
Además, se incluye la construcción de un colector de 79 metros y 3 cámaras de inspección para reemplazar igual tramo de colector existente, el cual se encuentra en mal estado físico y operacional.	3.292.000
<u>INVERSION TOTAL OBRAS DE OPTIMIZACION</u>	<u>4.775.130</u>

## D. ANALISIS DE LA DEMANDA

Para el dimensionamiento de las obras es necesario estimar la demanda por agua potable o por soluciones domiciliarias de conexión al servicio de alcantarillado. Para estos fines a continuación se estimarán los parámetros relevantes en la definición de la demanda actual y la esperada en un horizonte de 25 años.

### POBLACION TOTAL

Esta localidad se ha desarrollado en los últimos años como producto de la emigración de habitantes de la zona rural de la Comuna y el crecimiento vegetativo propio de la ciudad, ya que no existen industrias ni fábricas, siendo sólo la agricultura la actividad más importante. Dado que se ubica en

un sector predominantemente agro-forestal, su población está conformada básicamente por una población estable, es decir no existe un aporte dado por población flotante o de temporada.

Como se señaló en el capítulo A. el crecimiento de la población en el período 1952-1992, fue moderado con una tasa de crecimiento promedio anual de solo un 2,07% lo que es equivalente a un aumento de 79 habitantes por año. El período 1970-1982 es una excepción con una tasa de crecimiento anual de 3,27%, sin embargo esta situación no se mantuvo en el siguiente período intercensal.

Verificada las expectativas de crecimiento de la localidad, con las autoridades regionales y locales y el Plano Regulador se llegó a la conclusión que la población puede seguir un tipo de crecimiento geométrico, utilizando la tasa intercensal del período 1952-1992, esto es de 2,07%.

La forma de la ecuación (crecimiento geométrico) es la siguiente (ver proyección en cuadro N° 1):

$$P_t = P_o * (1 + r)^t$$

Donde las variables de la ecuación corresponden a:

- $P_t$  : Población proyectada en el año  $n$
- $P_o$  : Población base del año 1992 (6.230 habitantes)
- $t$  : Número de años de la proyección, contados desde el año 1992.
- $r$  : Tasa de crecimiento anual.

**Ejemplo 1:** Calculemos la población esperada para el año 2000.

En este caso las variables toman los siguientes valores:

$P_o = 6.230$  (Población según Censo de ese año)

$t = 2000 - 1992 = 8$  años

$r = 0,0207$  (valor constante)

La ecuación queda como sigue:

$P_t = 6.230 * (1 + 0,0207)^8$

$P_t = 7.340$  habitantes.

Por lo tanto, la población del año 2000, será de 7.340 habitantes, según esta forma de crecimiento adoptado.

### COBERTURA DE AGUA POTABLE.

Con la materialización del proyecto de mejoramiento del sistema de agua potable es factible lograr una plena cobertura, la cual se espera alcanzar el año 1998 (ver cuadro N°1).

### POBLACION ABASTECIDA (BENEFICIARIOS)

El aumento de cobertura de agua potable, implica un mayor número de beneficiarios. Como se señaló en el punto anterior se espera para el año 1998 lograr un pleno abastecimiento de la población de esta localidad (ver cuadro N° 1).

Ejemplo 2: Calcular la población que será beneficiada con agua potable el año 2000.

- Ese año la población total proyectada será de 7.340 habitantes.

- Se espera alcanzar una cobertura del 95% para dicho año.

- Por lo tanto la población beneficiada o abastecida se determina como sigue:

$$7.340 \text{ hab.} \cdot 0,95 = 6.973 \text{ habitantes}$$

### NUMERO DE SUSCRIPTORES DE A.P. (ARRANQUES DOMICILIARIOS)

En el año base, los suscriptores (o clientes o arranques domiciliarios de A.P.) registrados por la Empresa fueron 1.213. La proyección de suscriptores supone que el índice de habitantes por viviendas, determinado con el Censo de 1992, se mantiene constante en el tiempo en un valor de 4,95 hab/vivienda.

Ejemplo 3: Determinar el número de arranques de agua potable que deberá atender la Empresa el año 2000.

- En ese año la población abastecida será de 6.973 habitantes (ver ejemplo 2).

- Para esa población, se calcula el número de arranque de A.P. de la siguiente forma:

$$6.973 / 4,95 = 1.409 \text{ arranques de A.P.}$$

En el cuadro N° 1 de la página siguiente, se muestra la proyección de población total, población abastecida y el número de arranques para el período 1994-2019.

**CUADRO N°1**  
**Proyección de Suscriptores de A.P.**

PERÍODO	AÑO	POBLACION TOTAL	COBERTURA %	POBLACION ABASTECIDA	N° ARRANQUES
	1994	6.491	92,5%	6.004	1.213
0	1995	6.625	93.0%	6.161	1.245
1	1996	6.762	93.0%	6.289	1.270
2	1997	6.902	95.0%	6.557	1.325
3	1998	7.045	100.0%	7.045	1.423
4	1999	7.191	100.0%	7.191	1.453
5	2000	7.340	100.0%	7.340	1.483
6	2001	7.492	100.0%	7.492	1.513
7	2002	7.647	100.0%	7.647	1.545
8	2003	7.805	100.0%	7.805	1.577
9	2004	7.966	100.0%	7.966	1.609
10	2005	8.131	100.0%	8.131	1.643
11	2006	8.300	100.0%	8.300	1.677
12	2007	8.471	100.0%	8.471	1.711
13	2008	8.647	100.0%	8.647	1.747
14	2009	8.826	100.0%	8.826	1.783
15	2010	9.009	100.0%	9.009	1.820
16	2011	9.195	100.0%	9.195	1.858
17	2012	9.385	100.0%	9.385	1.896
18	2013	9.580	100.0%	9.580	1.935
19	2014	9.778	100.0%	9.778	1.975
20	2015	9.980	100.0%	9.980	2.016
21	2016	10.187	100.0%	10.187	2.058
22	2017	10.398	100.0%	10.398	2.101
23	2018	10.613	100.0%	10.613	2.144
24	2019	10.833	100.0%	10.833	2.188
25	2020	11.057	100,0%	11.057	2.234



### COBERTURA DE ALCANTARILLADO

La cobertura alcanzada por el servicio de alcantarillado, al año 1994, fue de 40,7% lo cual equivale a dar servicio a una población aproximada de 2.642 habitantes. Dado el bajo nivel de cobertura actual, se ha planteado un crecimiento moderado de la cobertura, alcanzando esta al año 2000 a un 83% y un máximo de 95% al año 2005.

Se ha estimado como una cobertura factible máxima del 95% considerando que las zonas de expansión corresponde a zonas semirurales, en las cuales se ubican viviendas con amplios terrenos permitiendo a las familias disponer de un adecuado sistema alternativo de disposición individual de excretas y por tanto no les resulta tan imprescindible conectarse a las redes públicas.

### NUMERO DE SUSCRITORES DE ALCANTARILLADO (UNIONES DOMICILIARIAS)

Adoptando un índice de habitantes por vivienda constante para todo el período, de 4,95 habitantes por vivienda, se ha estimado el número de uniones domiciliarias que demandará la población al sistema público de redes.

Considerando que el proyecto de mejoramiento y ampliación del sistema de redes de colectores se construirá en 1997, hasta ese año el aumento de suscriptores es posible porque el sistema actual tiene una capacidad estimada en el equivalente a 690 conexiones o 3.417 habitantes.

En el cuadro N° 2, que se presenta en la página siguiente, se muestra la proyección de población servida (beneficiarios), las metas de cobertura anual y el número de suscriptores que demandarán el servicio de alcantarillado.

**CUADRO N° 2**  
**Proyección de Suscriptores de Alcantarillado**

PERIODO	AÑO	POBLACION TOTAL	COBERTURA %	POBLAC. SERVIDA	N° U.D.
0	1994	6,491	40,7%	2.643	534
1	1995	6,625	41.0%	2.716	549
2	1996	6,762	42.0%	2.840	574
3	1997	6,902	49,5%	3,417	690
4	1998	7,045	76,0%	5.356	1.082
5	1999	7,191	80.0%	5.753	1.162
6	2000	7,340	83.0%	6.092	1.231
7	2001	7,492	85.0%	6.368	1.286
8	2002	7,647	87.0%	6.653	1.344
9	2003	7,805	90.0%	7.024	1.419
10	2004	7,966	93.0%	7.409	1.497
11	2005	8,131	95.0%	7.725	1.561
12	2006	8,300	95.0%	7.885	1.593
13	2007	8,471	95.0%	8.048	1.626
14	2008	8,647	95.0%	8.215	1.659
15	2009	8,826	95.0%	8.385	1.694
16	2010	9,009	95.0%	8.558	1.729
17	2011	9,195	95.0%	8.735	1.765
18	2012	9,385	95.0%	8.916	1.801
19	2013	9,580	95.0%	9.101	1.839
20	2014	9,778	95.0%	9.289	1.877
21	2015	9,980	95.0%	9.481	1.915
22	2016	10,187	95.0%	9.678	1.955
23	2017	10,398	95.0%	9.878	1.996
24	2018	10,613	95.0%	10.082	2.037
25	2019	10,833	95.0%	10.291	2.079

**DOTACION DE CONSUMO DE AGUA POTABLE**

Para este análisis es necesario recurrir a las Estadísticas que lleva la Empresa para registrar los consumos familiares (medidor domiciliario de agua). Entre otros datos las Estadísticas tienen registrados mensualmente, los clientes y el consumo agregado de todos los clientes. Los valores históricos y las dotaciones resultantes son las siguientes:

**Ejemplo 4:** Determinar la dotación media de consumo del año 1994, a partir de las Estadísticas de Consumo de la Empresa.

- El año 1994 se registró un consumo de 295.377 m<sup>3</sup>-año. Esto equivale a un consumo diario de:  
 $295.377/365 \text{ días-año} = 809,3 \text{ m}^3/\text{día}$

Este consumo diario equivale a:  
 $809,3 \text{ m}^3/\text{día} * 1000 = 809.300 \text{ litros-día}$

- El mismo año, en el mes de junio, se registraron un total de 1.211 arranques, lo que equivale a una población abastecida de:

$1.211 * 4,95 \text{ habitantes/viv.} = 5.994 \text{ habitantes}$

- Con estos datos, se calcula la dotación como:  
 $809.300/5.994 = 135 \text{ litros/hab./día}$

**CUADRO N° 3****Estimación de la Dotación de Consumo de A.P.**

AÑO	CONSUMO (m <sup>3</sup> /año)	Nº ARRANQUES	DOTACION (l/h/d)
1992	240.180	1.037	129
1993	273.048	1.144	132
1994	295.377	1.211	135

Como una buena aproximación, para estimar la dotación media anual, se utilizó el número de arranques de agua potable del mes de junio de cada año.

En cuanto al crecimiento que puede experimentar este parámetro, se tienen las siguientes consideraciones:

- La tarifa de agua potable se determina en base al costo marginal, según la legislación vigente desde el año 1990. En esa oportunidad, se calcularon las tarifas reales, las cuales eran considerablemente superior a las que se estaban cobrando, por esta razón se estableció un alza gradual de las mismas hasta alcanzar las denominadas tarifas metas (corresponden al 100% del valor real calculado con el criterio de costo marginal). A la fecha se han efectuado las alzas en términos reales, quedando pendiente aproximadamente un 1,9%, el cual se haría efectivo durante el año 1995. Para la proyección de la dotación se asume como situación mas probable un nulo crecimiento de las tarifas en términos reales. Sin embargo, considerando la ampliación de la cobertura en alcantarillado, los nuevos clientes de este servicio tendrán un alza real de la tarifa al agregarles un cargo variable por uso del servicio de alcantarillado. Del mismo modo, al construir el sistema de tratamiento de las aguas servidas, la Empresa estará facultada para cobrar un cargo variable adicional por ese servicio, el cual afectará a los actuales clientes del alcantarillado como a los futuros. Los cargos tarifarios vigentes en la Empresa (diciembre de 1994) son los siguientes:

**CUADRO N° 4**  
**Tarifas de A.P. y Alcantarillado**

CARGO VARIABLE	TARIFA (\$/m <sup>3</sup> )
Consumo A.P.	72,14
Servicio Alcantarillado	56,35
Tratamiento	47,17
<b>TOTAL</b>	<b>175,66</b>

Por lo tanto, para un cliente que actualmente tiene A.P y alcantarillado, las obras de tratamiento que se proyecta construir le implicarán un alza en su cuenta de A.P. de

aproximadamente un 36,7%. Para el cliente que actualmente solo está conectado al servicio de A.P., el conectarse al alcantarillado, le significará un alza en su cuenta de A.P. de aproximadamente un 143%.

- El mejoramiento del servicio de agua potable permitirá abastecer sin restricciones la demanda y un incremento de la cobertura del servicio.
- El servicio de alcantarillado quedará en condiciones de aumentar la cobertura, lo cual implica un mayor consumo de agua.

Teniendo presente estas consideraciones se proyecta un crecimiento anual del 1,5% de la dotación de consumo de agua potable, lo cual se muestra en el cuadro N° 6.

#### NIVEL DE PERDIDAS DE AGUA POTABLE

En el punto B.1.5 se señaló que el nivel de pérdidas de agua potable en los últimos tres años fue de 33,1% (1992), 25% (1993) y de 26% (1994). Esto implica que el sistema ha operado en buenas condiciones, mostrando niveles aceptable de pérdidas. En el país un nivel del 25% se estima económicamente aceptable y que un esfuerzo por reducir tal nivel implica costo que no compensan los resultados.

En consecuencia se proyecta un nivel de pérdidas del 25% para todo el período.

#### DOTACION DE PRODUCCION

Dado el nivel de pérdidas es posible determinar la demanda total sobre el sistema, determinando la Dotación de Producción, que es en definitiva la que se utiliza para el dimensionamiento de las obras. Esta dotación incorpora las pérdidas inevitables (25%) que se producen en diferentes partes del sistema de agua potable. Las dotaciones de producción a partir de la dotación de consumo, para los años 1992 a 1994 son las siguientes:

**Ejemplo 5:** Determinar la dotación de producción correspondiente al año 1994.

- Para ese año la dotación de consumo calculada fue de 135 litros/habitantes/día (l/h/d).
- El nivel de pérdidas de agua potable registrado para ese mismo año fue de 26%.
- Por tanto la dotación de producción se determinará de la siguiente forma:  

$$135/(1-0,26) = 182,4 \text{ (l/h/d)}$$

**CUADRO N° 5**  
**Dotación de Producción**

AÑO	DOTACION DE CONSUMO (l/h/d)	PERDIDA S DE A.P. (%)	DOTACION DE PRODUCCION (l/h/d)
1992	129	33,1	192,8
1993	132	25,0	176,0
1994	135	26,0	182,4

Se puede apreciar que cuando baja el nivel de pérdidas, la demanda total sobre el sistema de agua potable es menor para igual valor de la dotación de consumo.

CONSUMO ANUAL DE AGUA POTABLE

Conocida la dotación media de consumo y la población abastecida es posible determinar el consumo que se demandará cada año al sistema, esto se calcula según la siguiente expresión:

$$\text{Consumo anual de A.P.} = 0,365 * \text{Dotación de consumo} * \text{Población abastecida}$$

La dotación de consumo se expresa en l/h/d y la población abastecida en habitantes. El número que aparece en la fórmula (0,365) corresponde a la conversión de litros a m<sup>3</sup>.

Ejemplo 6: Calcular el consumo de agua potable del año 1994.

- Dicho año la población abastecida fue de 6.004 habitantes.
- La dotación de consumo, del mismo año, calculada es de 135 l/h/d.
- Por lo tanto, el consumo de ese año, se calcula como sigue:

$$6.004 \text{ hab} * 135 \text{ l/h/d} * 0,365 = 295.864 \text{ m}^3/\text{año}$$

COEFICIENTE DE RECUPERACION (r)

Este coeficiente refleja la fracción de A.P. ya usada por la población que ingresa a la red de alcantarillado. No toda el agua consumida como A.P. por la población, llega al alcantarillado, pues hay una parte que se ocupa en riego de jardines, incendios, pérdidas en la red. etc. Teniendo presente que la cantidad que llega a los colectores varía entre 70% a 90% del total del agua consumida, es adecuado adoptar para el presente estudio, un coeficiente de  $r = 0,80$ .

VOLUMEN ANUAL DE AGUAS SERVIDAS

Con la dotación media de agua potable, la población servida por el sistema de alcantarillado y el coeficiente de recuperación adoptado, es posible estimar los volúmenes anuales de aguas servidas que se producirán y que deberá recolectar el sistema de alcantarillado. La ecuación aplicable en este caso es la siguiente:

En el cuadro N° 6 se proyectan las demandas(consumos) anuales de A.P. y los volúmenes de alcantarillado.

Ejemplo 7: Determinar el volumen de aguas servidas para el año 1994.

- Para dicho año la población servida por el servicio de alcantarillado público alcanzó a un total de 2.643 habitantes.
- La dotación de consumo de agua de ese año fue de 135 l/h/d.
- El coeficiente de recuperación adoptado es de  $r=0,8$ .
- El volumen anual de aguas servidas, se calcula de la siguiente forma:

$$2.643 * 135 * 0,365 * 0,8 = 104.199 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{Volumen A.S.} = 0,365 * \text{Población servida} * \text{Dotación de consumo} * r$$

**CUADRO N° 6**  
**Proyección de Demanda de A.P. y volumen A.S.**

AÑO	POBLACION ABASTECIDA(hab)	DOTACION (l/h/d)	CONSUMO A.P.(m <sup>3</sup> /año)	POBLACION SERVIDA(hab)	VOLUMEN A.S.(m <sup>3</sup> /año)
1994	6.004	135	295.864	2,643	104.199
1995	6.161	137	308.147	2,716	108.680
1996	6.289	139	319.244	2,840	115.340
1997	6.557	141	337.852	3,417	140.851
1998	7.045	143	368.441	5,356	224.085
1999	7.191	145	381.708	5,753	244.293
2000	7.340	148	395.454	6,092	262.581
2001	7.492	150	409.694	6,368	278.592
2002	7.647	152	424.448	6,653	295.416
2003	7.805	154	439.732	7,024	316.607
2004	7.966	157	455.567	7,409	338.942
2005	8.131	159	471.972	7,725	358.699
2006	8.300	161	488.968	7,885	371.616
2007	8.471	164	506.576	8,048	384.998
2008	8.647	166	524.818	8,215	398.862
2009	8.826	169	543.717	8,385	413.225
2010	9.009	171	563.297	8,558	428.106
2011	9.195	174	583.582	8,735	443.522
2012	9.385	176	604.597	8,916	459.493
2013	9.580	179	626.368	9,101	476.040
2014	9.778	182	648.924	9,289	493.182
2015	9.980	185	672.292	9,481	510.942
2016	10.187	187	696.502	9,678	529.342
2017	10.398	190	721.583	9,878	548.403
2018	10.613	193	747.568	10,082	568.152
2019	10.833	196	774.488	10,291	588.611



**TASA DE CRECIMIENTO DE LA DEMANDA**

De acuerdo a la proyección del consumo(demanda) de agua potable, presentada en el cuadro anterior, la misma crecerá aceleradamente los primeros años para luego crecer a tasas declinantes. En el crecimiento de la demanda influyen la cobertura, en los primeros años, el crecimiento de la población y el crecimiento de la demanda per cápita (dotación media de consumo). En el cuadro que

sigue se muestra el crecimiento de la demanda por períodos de tiempo, la determinación de estas tasas se basa en la demanda presentada en el cuadro N° 7.

**Ejemplo 8:** Determinar la tasa de crecimiento de la demanda en el período 1995-1998.

- El período está compuesto de 3 años (1995, 1996 y 1997).
- La demanda (consumo de A.P.) del año 1995 es de 308.147 m<sup>3</sup>/año (ver cuadro N° 6).
- La demanda del año 1998 es de 368.441 m<sup>3</sup>/año. (cuadro N° 6).
- La tasa de crecimiento en el período se calcula como sigue:  

$$[(368.441/308.147)^{(1/3)}-1]*100 = 6,13\%.$$

CUADRO N° 7

**Tasa de Crecimiento de la Demanda**

PERÍODO	TASA CRECIMIENTO
1995(0) - 1998 (3)	6,13%
1999(4) - 2020 (25)	3,60%

**CAUDAL MEDIO DE AGUA POTABLE (Qm)**

El caudal medio es equivalente a la demanda instantánea de los consumidores sobre el sistema. Este caudal se identifica como *Qm* y se determina con la siguiente expresión:

$$Q_m = (\text{Dotación de producción} * \text{Población abastecida})$$

La dotación de producción se expresa en l/h/d y la Población en habitantes. El número 86.400 que aparece en la expresión corresponde a la conversión del día en segundos.

**Ejemplo 9:** Calcular el caudal medio de agua potable del año 1994.

- En ese año la población abastecida fue de 6.004 habitantes (ver cuadro N° 6).
- La dotación de producción, para ese año, fue de 182,4 l/h/d (ver cuadro N° 5).
- Por lo tanto el caudal medio, se determina como sigue:  
 $6.004 * 182,4 * 86.400 = 12,7 \text{ l/s}$

### COEFICIENTE MAXIMO DIARIO

El consumo no es constante a lo largo del año, sino que es mayor en los meses de verano y mínimo en los meses de invierno. Mientras más marcadas son las variaciones de temperatura de verano al invierno, mayores son las variaciones de consumo diario.

El coeficiente máximo diario, es la razón entre el consumo máximo diario registrado en un año (que puede ocurrir en un día o en varios días) y el consumo medio diario. Para poder estimar este coeficiente es necesario contar con registros del consumo diario de todo el año, lo cual es poco probable de encontrar. El valor adoptado para esa razón en Chile es de 1,5.

### CAUDAL MAXIMO DIARIO ( $Q_{max.d}$ )

Este caudal permite conocer la capacidad que debe tener la fuente de agua (en este caso los sondajes) y definir el volumen de regulación que debe tener el sistema cada año del horizonte de análisis. Este caudal se determina aplicando sobre el caudal medio de producción el coeficiente de máximo diario.

$$Q_{max.d} = 1,5 * Q_m [\text{l/s}]$$

En el cuadro N° 8, se presenta la proyección de caudales de diseño.

**CUADRO N° 8**  
**Proyección de Caudales de Diseño**

AÑO	POBLACION ABASTECIDA(hab)	DOTACION(l/h/d) PRODUCCION	CAUDAL (l/s)	
			MEDIO	MAX. DIARIO
1994	6.004	182	12,7	19,0
1995	6.161	183	13,0	19,5
1996	6.289	185	13,5	20,2
1997	6.557	188	14,3	21,4
1998	7.045	191	15,6	23,4
1999	7.191	194	16,1	24,2
2000	7.340	197	16,7	25,1
2001	7.492	200	17,3	26,0
2002	7.647	203	17,9	26,9
2003	7.805	206	18,6	27,9
2004	7.966	209	19,3	28,9
2005	8.131	212	20,0	29,9
2006	8.300	215	20,7	31,0
2007	8.471	218	21,4	32,1
2008	8.647	222	22,2	33,3
2009	8.826	225	23,0	34,5
2010	9.009	228	23,8	35,7
2011	9.195	232	24,7	37,0
2012	9.385	235	25,6	38,3
2013	9.580	239	26,5	39,7
2014	9.778	242	27,4	41,1
2015	9.980	246	28,4	42,6
2016	10.187	250	29,4	44,2
2017	10.398	253	30,5	45,8
2018	10.613	257	31,6	47,4
2019	10.833	261	32,7	49,1

## VOLUMEN DE REGULACION

El cálculo del volumen de regulación, que debe disponer el sistema de agua potable para dar continuidad al abastecimiento en caso de fallas en el mismo o para atender incendios, se determina considerando las siguientes recomendaciones:

- El volumen de regulación debe ser equivalente al 15% del consumo máximo diario. expresado este último en metros cúbicos consumidos (demandados) en un día. El consumo máximo diario se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Consumo máx. diario} = 86,4 * Q_{\text{max. d}} [\text{m}^3/\text{día}]$$

El número (86,4) de la ecuación anterior, permite convertir los l/s en m<sup>3</sup>/año.

- Al volumen anterior se debe agregar un aporte correspondiente al consumo de incendio. Se recomienda considerar grifos de 16 l/s con un tiempo de uso simultáneo de 2 horas en un día. El número de grifos de uso simultáneo (N), depende del tamaño de la población (P), y está dado por la siguiente expresión:

$$N = 0,4 * \sqrt{P}$$

La población debe expresarse en miles de habitantes. En este proyecto se necesita solo un grifo para todo el período, en efecto para el año 2019, la población abastecida será de 10.833 habitantes y N será de 1,3 grifos  $[0,4 * \sqrt{(10,833)}]$ .

Por otra parte un grifo que entrega un caudal 16 l/s, funcionando 2 horas al día, entregará un volumen total de 115 m<sup>3</sup>.

En el cuadro N° 9, de la página siguiente, se presenta la proyección del volumen de regulación total que será demandado por el sistema cada año en el horizonte de análisis. Es decir allí se puede ver en la última columna la capacidad que debe tener el estanque de regulación para tener la seguridad de continuidad del abastecimiento de agua potable.

**CUADRO N° 9**  
**Proyección Volumen de Regulación Total**

AÑO	CONSUMO MAX. DIARIO		VOLUMEN DEMANDADO (m3)		
	l/s	m3/año	REGULAC ION	INCEND IO	TOTA L
1994	19,0	1.643	246	115	361
1995	19,5	1.688	253	115	368
1996	20,2	1.749	262	115	377
1997	21,4	1.851	278	115	393
1998	23,4	2.018	303	115	418
1999	24,2	2.091	314	115	429
2000	25,1	2.166	325	115	440
2005	29,9	2.586	388	115	503
2010	35,7	3.086	463	115	578
2015	42,6	3.683	552	115	667
2018	49,1	4.243	636	115	757

## TIPOS DE CONSUMIDORES

Como se explicó en el capítulo A., el consumo total es del tipo doméstico o residencial, aún cuando se registran clientes del tipo residencial, comercial y Fiscal.

### **E. BALANCE OFERTA - DEMANDA**

En este capítulo corresponde efectuar una balance entre la oferta actual del sistema y la demanda que debe enfrentar el mismo en el período de previsión. El período de previsión de las obras será de 20 años a partir del año 1998, suponiendo que las construcción de las obras se efectúe en el año 1997. A continuación se efectúa el Balance para cada componente del sistema:

#### **E.1 Fuentes de Agua**

La Oferta actual de agua corresponde a dos sondajes, los cuales pueden trabajar uno a la vez en razón de los problemas de interferencia que ocurren al funcionar en conjunto porque fueron contruidos muy cerca entre ellos. Por tanto el caudal que puede entregar la fuente de agua actual es de 20 l/s.

Comparando el caudal máximo diario (ver cuadro N° 8) con la oferta se obtienen los déficit (Oferta - Demanda) que se presentarán en el tiempo.

**CUADRO N° 10**  
**Balance Oferta-Demanda en Fuente de Agua**  
(litros/segundos)

AÑO	OFERTA	DEMAND A	BALANCE
1995	20	19,5	0,5
1996	20	20,2	- 0,2
1997	20	21,4	- 1,4
1998	20	23,4	- 3,4
2005	20	29,9	- 9,9
2018	20	47,4	-27,8

Según el balance presentado a partir del año 1996, la fuente de agua actual no permitirá cubrir la demanda de agua. Hacia el fin del período será necesario aumentar en 27,8 l/s la oferta de agua. Por lo tanto el proyecto deberá considerar una nueva fuente de agua complementaria con la actual.

Por otra parte a nivel de fuentes interesa conocer el volumen total que puede entregar la misma, teniendo presente que la fuente debe tener una capacidad adicional para atender la máxima demanda que se presentará en uno o varios días del año. Este resguardo se consigue sobredimensionando la fuente con el denominado coeficiente de máximo horario, comentado en el capítulo D (Análisis de la demanda). Es decir la fuente dispone de una capacidad para atender el consumo fuera de la demanda máxima de solo 13,3 l/s [20 l/s/ 1,5]. Para poder comparar esta capacidad con el consumo real de los suscriptores es necesario a dicho caudal restarle las pérdidas que se producen en el sistema, las cuales alcanzan a un 26% de la producción total, por lo tanto la capacidad neta (de pérdidas) de la fuente es de 9,87 l/s. Esta capacidad viene a ser la Oferta del sistema o capacidad de venta de agua del sistema. En términos de producción anual, dicha capacidad equivale a 319.565 m<sup>3</sup>/año

En el cuadro que sigue se presenta el balance entre la oferta y la demanda en términos de volumen anual de agua potable.

**CUADRO N° 11**  
**Balance Oferta-Demanda en Fuente de Agua**  
(m<sup>3</sup>/año)

AÑO	OFERTA	DEMAND A	BALANCE
1995	319.565	308.147	11.418
1996	319.565	319.244	321
1997	319.565	337.852	- 18.287
1998	319.565	368.441	- 48.876
2005	319.565	471.972	- 152.407
2018	319.565	747.568	- 428.003

## E.2 Regulación

La oferta actual en regulación, corresponde al volumen del estanque existente, el cual tiene una capacidad de 400 m<sup>3</sup>.

La demanda por regulación fue presentado en el cuadro N° 9. A continuación se presenta el balance por regulación, expresado en m<sup>3</sup>.

**CUADRO N° 12**  
**Balance Oferta-Demanda en Regulación**  
(metros cúbico)

AÑO	OFERTA	DEMAND A	BALANCE
1995	400	368	32
1996	400	377	23
1997	400	393	7
1998	400	418	- 18
2005	400	503	- 103
2018	400	757	- 357

Se concluye que el año 1997 es necesario construir un nuevo estanque que permita cubrir la demanda generada hasta el año 2018, esto es 357 m<sup>3</sup>. El proyecto deberá considerar un estanque de 300 m<sup>3</sup>, que corresponde al tamaño que dispone plano tipo más cercano al necesario.

## E.3 Red de Distribución

La actual red de distribución permite abastecer sin dificultades a las familias que están conectadas a las mismas e incluso se espera una densificación del área consolidada lo cual implica un mayor número de familias conectadas a las redes actuales. Sin embargo para los sectores de expansión es necesario considerar extensiones de la red para lograr las metas de cobertura propuesta con el proyecto.



#### **E.4 Red de colectores de alcantarillado**

En este sistema, mediante un análisis de verificación hidráulica, se debe realizar el cálculo y análisis de las capacidades máximas de los colectores existentes. La capacidad máxima de un colector depende fundamentalmente de la pendiente del terreno en que está instalado y de la rugosidad de sus paredes (material y antigüedad del mismo). De esta manera se verifica la capacidad actual del colector y se compara con los caudales de aguas servidas que actualmente circulan por el mismo, determinando el grado de uso. Este análisis permite conocer si el sistema de colectores permite una mayor recolección de aguas servidas y el momento en que es necesario reforzarlo para atender la demanda en el período de análisis. En este caso las redes de colectores presentaron una capacidad mayor a la demanda actual.

El tema relevante en este caso es la capacidad de las redes existente para incorporar nuevos clientes (familias que disponiendo de red frente a sus viviendas no se han conectado). Las redes existentes permiten la conexión de 690 viviendas, esto es equivalente a una población de 3.417 habitantes ( $690 * 4,95$ ).

#### **E.5 Tratamiento de las Aguas Servidas**

Para este tipo de servicio, el sistema actual no presenta oferta ya que las aguas servidas son descargadas sin tratamiento al río Liguay.

La demanda corresponde a la población servida, cuya proyección se presentó en el cuadro N° 6.

### **F. ANALISIS DE ALTERNATIVAS**

Conocidos los requerimientos de infraestructura se procede a estudiar las alternativas técnicamente factibles para la solución de los problemas detectados.

#### **F.1 Sistema de Agua Potable**

La existencia de un sistema de agua potable, limita la generación de alternativas ya que se debe mantener el sistema de distribución a fin de aprovechar toda la infraestructura de obras que están construidas. De esta manera se llegó a la conclusión, en este proyecto, que no existen alternativas que presenten costos similares al sistema actual, siendo lo mas conveniente del punto de vista de los costos, ampliar el sistema en base a las obras existentes.

### FUENTE DE AGUA

Según los resultados del Estudio Hidrogeológico efectuada en el área pertinente, se concluyó que en el mismo recinto de los actuales sondeos es posible construir un nuevo sondeo a una distancia tal que se produzca el fenómeno de interferencia que impide una óptima explotación de las fuentes de agua. Esta solución es muy conveniente por cuanto permite aprovechar la infraestructura actual, es decir no se requiere de un nuevo recinto, el cual se debería urbanizar, adicionalmente la tubería de conducción del agua al estanque es mínima.

Se construirá, en consecuencia, un sondeo en el extremo sur oriente del actual recinto, de una profundidad igual a 60 metros, en el cual se instalará una motobomba sumergida a una profundidad de 50 m., con una capacidad de 28 l/s. Esta nueva capacidad permitirá satisfacer la demanda hasta el fin del período (2018).

### ESTANQUE DE REGULACION

En este caso la alternativa es única y está dada por la actual configuración del sistema de distribución de agua y la ubicación de las fuentes de agua.

Se considera la construcción de un estanque elevado de hormigón armado de 300 m<sup>3</sup>, ubicado junto al estanque existente. Tendrá una altura de 30 metros, necesario para abastecer de agua con presión adecuada a los sectores poblacional ubicados en cotas altas de terreno. Se incluye una interconexión con el estanque existente.

### RED DE DISTRIBUCION

Se incluyen ampliaciones de la red en los siguientes sectores: camino a Los Cristales, zona de expansión al Sur, Villa Longavi y Nor Poniente.

Deberá incluirse el reforzamiento de la red actual, según los resultados del análisis hidráulico. Adicionalmente, se agregarán los mejoramiento básicos requeridos, tales como: construcción de cámaras de válvulas y cambios de grifos.

## **F.2 Sistema de Alcantarillado**

La planificación del sistema de alcantarillado de aguas servidas debe responder a las expectativas de desarrollo y ocupación del espacio urbano, vale decir, el sistema debe estar capacitado para absorber la demanda del crecimiento urbano, tanto en extensión como en densificación.

Para el planteamiento de alternativas de solución y para el mejoramiento integral del sistema de alcantarillado, es necesario por un lado racionalizar la operación del servicio actual y por otro lado, dejar establecido como se incorporarán las áreas de expansión futura al sistema.

La racionalización del servicio a que se hace mención en el párrafo anterior, dice relación con la unificación de las descargas de aguas servidas y posterior tratamiento de las mismas antes de ser descargadas al río Liguay.

En la formulación de la operación futura propuesta para el sistema de alcantarillado, se han tenido presente los siguientes aspectos:

- a) El análisis de la contaminación actual del cauce receptor, indica que esta sobre pasado largamente en los niveles máximos de concentración de coliformes fecales aceptados dentro del radio urbano.
- b) La incorporación de las áreas de expansión futura se hará, en lo posible, en forma gravitacional a los sistema existentes. Las redes que se proyectan mantendrán su condición de recolectoras de aguas servidas únicamente.
- c) En lo que respecta a la eventualidad de la existencia de residuos industriales, los mismos antes de su incorporación a las redes de alcantarillado deberán ser previamente tratados por la Industria respectiva, en lo referente a sustancias que afecten la operación del sistema.

### **PLANIFICACION DE LA RED DE ALCANTARILLADO EXISTENTE**

La planificación propuesta para el servicio de alcantarillado de aguas servidas, que responde a los criterios antes mencionados, se presenta a continuación para cada uno de los sectores que conforman el sistema:

i) Sector Oriente

Este es el sector donde se concentra la mayor parte de la población y cuenta con dos descargas directas al río Liguay. La nueva planificación de la red plantea para este sector la eliminación de las dos descargas.

Para eliminar la descarga N° 1, se instalará una planta elevadora e impulsión que conduzca las aguas servidas hacia el sistema de colectores proyectados en el sector Poniente. Esta planta se ubicará al lado Poniente del cruce FFCC entre el Ferrocarril y la Carretera. La impulsión cruzaría la carretera por el puente río Liguay descargando al colector proyectado.

En reemplazo de la descarga N° 2, se instalará una planta elevadora e impulsión con descarga a un colector proyectado. Esta planta se ubicará en la población Benavente frente a la actual descarga. La impulsión se desarrolla entre las calles 5 Norte y 4 Norte .

ii) Sector Poniente

Este corresponde al denominado sector Villa Longaví, el cual en la actualidad no cuenta con alcantarillado de aguas servidas.

Se proyecta un sistema de red de colectores para la evacuación de las aguas servidas. La operación del sistema dependerá de la solución que se adopte para la descarga al río Liguay con tratamiento previo de las aguas servidas, situación que se analiza en el siguiente punto.

DESCRIPCION Y GENERACION DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION

La red de colectores tiene alternativa única, dado que el trazado del mismo y la configuración topográfica imponen la consolidación del esquema de recolección actual, pero eliminando las descargas directas (sin tratamiento) al río Liguay.

De tal forma que el estudio de alternativas se limita a la ubicación e implementación de las obras de tratamiento.

Existen dos zonas factibles de ubicación de la planta de tratamiento, que se detallan a continuación:

**i) Alternativa 1**

Esta ubicación corresponde a la zona definida al Poniente de la población Villa Longaví, aproximadamente a unos 2 Km. al Poniente de la Carretera y próxima a la ribera del río. La superficie total del terreno alcanza aproximadamente a 8 Hás. para el emplazamiento de lagunas de estabilización.

Este sistema permite una solución gravitacional de desagüe para la Villa Longaví desde la carretera hasta la planta de tratamiento (lagunas de estabilización) mediante un colector proyectado que además recibiría las aguas servidas del sector Oriente proveniente de las descargas de la planta elevador N° 1 y 2 descritas anteriormente.

**b) Alternativa 2**

Esta ubicación corresponde a una zona situada al extremo Nor-Oriente de Villa Longaví y al costado poniente de la Carretera. Esta ubicación de la planta de tratamiento no permite el desagüe gravitacional de las aguas servidas de Longaví, requiriendo la implementación de una planta elevadora, adicional a las dos ya descritas (las que eliminan las actuales descargas N° 1 y N° 2), la cual impulsaría las aguas servidas de la Villa a la planta de tratamiento.

Esta solución consistirá en reunir las aguas en un punto bajo del terreno de la Villa Longaví, ubicado a unos 1.800 m al Poniente de la Carretera y desde allí se impulsaría las aguas servidas mediante una impulsión de 1.100 m de longitud hasta la planta de tratamiento para ser descargada posteriormente al río Liguay.

Esta solución, en comparación con la alternativa , tiene un menor costo en la longitud (son 200 m menos) del colector que trasladará las aguas desde la carretera a la planta de tratamiento, pero tiene un mayor costo de inversión por la implementación de una planta elevadora y los correspondientes costos anuales de energía eléctrica. A lo anterior se debe agregar que un sistema con equipos de bombeo es mas vulnerable desde el punto de vista operacional.

Por lo expuesto se concluye que la alternativa 1 es más conveniente en términos económicos y operacionales y por lo tanto es la alternativa que se adopta para el sistema de conducción de las aguas servidas.

## **G. ALTERNATIVA DE MINIMO COSTO**

### **G.1 Sistema de Agua Potable**

Como se explicó en el capítulo F. para el mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable existe una solución única con la cual se optimiza el uso de la infraestructura actual.

Para esta solución a continuación se presentan los costos de inversión, reposición y mantención y operación del proyecto, refiriendo los valores monetarios al IPC de diciembre de 1994.

#### **a) Costos de Inversión del Proyecto**

En forma resumida el proyecto propuesto para el mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable es el siguiente:

#### **Fuente de Abastecimiento**

- Construcción de un nuevo sondaje en el recinto en que se ubican los actuales sondajes
- Construcción y habilitación de la cañería de impulsión desde el nuevo sondaje hacia el estanque proyectado.
- Implementación de un sistema de cloración a la salida del estanque proyectado. Incluye una caseta de albañilería de 70 m<sup>2</sup>, dos equipos de cloración en base a inyección de gas cloro y un equipo adicional para el sondaje N° 356, dejando un equipo en reserva.
- Mejoramiento del sondaje N° 356, reacondicionamiento del pozo y reemplazo de equipo de bombeo.

### Sistema de Regulación

- Construcción y habilitación de un estanque elevado (30 m) de hormigón armado de 300m<sup>3</sup>. Este estanque será de mayor altura que el existente y alimentará a los sectores altos de la localidad. En tanto el estanque existente alimentará solo a los sectores bajos.

### Sistema de Distribución

- Ampliación de la red en sectores actualmente fuera de cobertura. Se instalarán 3.383 metros de nuevas redes.
- Reforzamiento de la red en sectores con presiones deficitarias.
- Modificaciones en la red con el objeto de definir dos sectores separados para el abastecimiento independiente de los mismos por cada estanque.

El resumen del presupuesto de las obras del proyecto son las siguientes:

**CUADRO N° 13**  
**Resumen del Presupuesto del Proyecto**  
(Miles de \$ de dic. de 1994. Sin IVA)

OBRAS	MONTO (M\$)
Obras civiles de la captación	50.676
Equipos motobombas	9.069
Red de distribución	58.539
Estanque de regulación	63.203
Urbanización	17.000
O. Eléctricas	10.958
<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>209.445</b>

Los equipos motobombas tienen una vida útil de 10 años, por lo tanto se debe considerar la reposición de estos equipos. El resto de las obras tiene una vida útil superior a los 20 años, adoptado como horizonte del proyecto.

b) Costos de operación y mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento se han obtenido en base a datos históricos de la Empresa y precios vigentes de mercado.

Costos de mantención periódica.

De acuerdo a los datos de la Empresa se considerará un costo de mantención de las motobombas equivalente al 5% del costo de inversión de los mismos, es decir se tendrá un costo anual por este concepto de M\$ 453  $[9.069 \cdot 0,05]$ .

Del mismo modo para el resto de las obras se asume un costo equivalente al 0,3% de la inversión, por tanto se tendrá un costo anual de M\$ 601  $[(209.445 - 9.069) \cdot 0,003]$ .

Por lo tanto el monto anual constante de gasto de mantención será de M\$ 1.054  $[453 + 601]$

Costo de energía eléctrica

El costo actualizado por el consumo de energía eléctrica, de las bombas ubicadas en los sondajes, en el año 1994 fue de \$ 1.822.652 y la producción de agua ese mismo año fue de 205.485 m<sup>3</sup>, esto permite determinar un costo medio de \$ 8,87 por m<sup>3</sup>  $[1.822.652/205.485]$

Costo en personal

En este ítem se incluyen los desembolsos por remuneración de los empleados administrativos y obreros que se emplearán para operar las nuevas obras de ampliación. Para su valorización se ha considerado la siguiente planta:



1 Administrador, con un salario mensual de	:	\$ 180.000
2 Operarios, con un salario mensual cada uno de	:	\$ 120.000

Por lo tanto el costo anual constante por concepto de Personal es de M\$ 5.040.

#### Costo por consumo de productos químicos.

Los análisis de calidad del agua captada señalan que solo es necesario agregarle cloro para su potabilización. En el año 1994 se registro un gasto por este insumo de \$ 456.177 (valor actualizado), teniendo presente que la producción de agua fue de 205.485 m<sup>3</sup>/año, se determina un costo medio unitario de \$ 2,22 por m<sup>3</sup> producido [456.177/205.485].

#### Costo Fijo Total

Sumando los costos de mantenimiento y personal, se tiene que el costo total fijo anual (independiente del nivel de producción de agua) asignable a las nuevas obras es M\$ 6.094 [1.054 + 5.040].

#### Costo Variable Total

Sumando los costos unitarios por el consumo de los insumos, Energía Eléctrica y Productos Químicos, se tiene un costo total variable unitario de \$ 11,09 por m<sup>3</sup> producido.

En el cuadro N° 14 se presenta el flujo anual del costo variable de consumo incremental. Cabe recordar que el análisis de costos, para la evaluación económica del proyecto, es incremental. En dicho cuadro se presenta la oferta del sistema actual, expresado como producción anual neta de pérdidas, esto valor se calculó en el punto E.1. La demanda total por agua potable fue tomada del cuadro N° 6. Conocida la oferta actual y la demanda esperada por agua potable, se determina la demanda incremental que será la que las nuevas obras permitirán abastecer. En la última columna del cuadro N° 14 se entrega el costo total variable por la producción incremental.

**CUADRO N° 14**  
**Costo Variable Anual**

AÑO	OFERTA (m3/año)	DEMANDA (m3/año)	DEMANDA INCREMENTAL (m3/año)	C.V (M\$/año)
1995	319,565	308,147	0	
1996	319,565	319,244	0	
1997	319,565	337,852	0	
1998	319,565	368,441	48.876	542
1999	319,565	381,708	62.143	689
2000	319,565	395,454	75.889	842
2001	319,565	409,694	90.129	1.000
2002	319,565	424,448	104.883	1.163
2003	319,565	439,732	120.167	1.333
2004	319,565	455,567	136.002	1.508
2005	319,565	471,972	152.407	1.690
2006	319,565	488,968	169.403	1.879
2007	319,565	506,576	187.011	2.074
2008	319,565	524,818	205.253	2.276
2009	319,565	543,717	224.152	2.486
2010	319,565	563,297	243.732	2.703
2011	319,565	583,582	264.017	2.928
2012	319,565	604,597	285.032	3.161
2013	319,565	626,368	306.803	3.402
2014	319,565	648,924	329.359	3.653
2015	319,565	672,292	352.727	3.912
2016	319,565	696,502	376.937	4.180
2017	319,565	721,583	402.018	4.458
2018	319,565	747,568	428.003	4.747
2019	319,565	774,488	454.923	5.045
2020	319,565	802,378	482.813	5.354

Valor Actual de los Costos Totales (VAC)

El VAC que se calcula corresponde al análisis incremental, es decir a los costos propios del proyecto de ampliación del sistema. Por lo tanto los costos de inversión, operación y mantenimiento deben ser exclusivamente los generados por las obras nuevas. Los costos de operación y mantenimiento presentados anteriormente fueron efectivamente calculado para la situación incremental. Los costos de inversión del proyecto, incluyen obras de reparación y conservación de la infraestructura actual, por lo tanto se debe determinar la inversión en obras nuevas (situación incremental),

- Inversión del proyecto (ver cuadro N° 13)	:	M\$ 209.445
- Inversión en obra sin proyecto (ver punto C.1)	:	M\$ 19.333
- Inversión incremental [209.445-19.333]	:	M\$ 190.112

En el cuadro N° 15 se presentan los flujos de costos totales anuales del proyecto y se determina el VAC, calculado con una tasa de descuento constante del 12%.

Se puede apreciar que los costos de operación y mantenimiento representan un 23,2% de los costos totales del proyecto. En estos costos el más relevante son los costos fijos.

**G.2 Sistema de Alcantarillado****a) Costos de Inversión del Proyecto**

Definidas las obras de mejoramiento inmediato, la planificación general del sistema y seleccionado la mejor alternativa para la evacuación, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, expuestas en el punto F.2, se procede a continuación a exponer las obras y sus costos.

Las obras del proyecto son las siguientes:

Obras de mejoramiento inmediato. Considera la ejecución de diversas obras de mejoramiento inmediato que contribuirán a elevar el nivel del servicio actual. Las obras de mejoramiento son las siguientes:

**CUADRO N° 15**  
**Cálculo del Valor Actual de Costos (VAC) (Miles de \$)**

AÑO	INV. Y REPOS.	COSTO DE OPER. Y MANT.		TOTAL
		VARIABLE	FIJO	
1995				0
1996				0
1997	190,112			190,112
1998		542	6,094	6,636
1999		689	6,094	6,783
2000		842	6,094	6,936
2001		1,000	6,094	7,094
2002		1,163	6,094	7,257
2003		1,333	6,094	7,427
2004		1,508	6,094	7,602
2005		1,690	6,094	7,784
2006		1,879	6,094	7,973
2007	9,069	2,074	6,094	17,237
2008		2,276	6,094	8,370
2009		2,486	6,094	8,580
2010		2,703	6,094	8,797
2011		2,928	6,094	9,022
2012		3,161	6,094	9,255
2013		3,402	6,094	9,496
2014		3,653	6,094	9,747
2015		3,912	6,094	10,006
2016		4,180	6,094	10,274
2017	9,069	4,458	6,094	19,621
2018		4,747	6,094	10,841
<b>VAC</b>	<b>138,066</b>	<b>8,815</b>	<b>32,801</b>	<b>179,681</b>

- Reposición de tapas de cámaras de inspección.
  - Reparaciones de cámaras de inspección.
  - Limpieza de cámaras de inspección.
  - Limpieza de 1.483 m de colectores.
  - Construcción de un colector de 79 m en PVC y tres cámaras de inspección, para reemplazar un tramo de igual longitud, el cual cumplió su vida útil y se encuentra en mal estado físico.
- 
- Red de colectores. Se incluye en este ítem la extensión de las redes de colectores a los sectores fuera de cobertura. Se instalarán un total de 8.107 m de colectores y 72 cámaras de inspección. De esta forma se incorporará a los sectores fuera de cobertura del sector consolidado de la localidad y las áreas de expansión (Villa Longavi, Cuentas Claras).
- 
- Planta elevadora N° 1 e impulsión. Considera todas las obras civiles, interconexiones hidráulicas, equipos motobombas y cañería de impulsión de las aguas servidas. Se instalarán dos equipos motobombas. La cañería de impulsión tendrá una longitud de 371 m.
- 
- Planta elevadora N° 2 e impulsión. Considera todas las obras civiles, interconexiones hidráulicas, equipos motobombas y cañería de impulsión de las aguas servidas. Se instalarán dos equipos motobombas. La cañería de impulsión tendrá una longitud de 294 m.
- 
- Planta de tratamiento. Las obras se han modulado para ser construidas en dos etapas. La primera etapa tendrá capacidad para tratar un volumen de aguas servidas igual al calculado para la población servida del año 2000. La segunda etapa, ha construirse el año 2000, tendrá una capacidad en conjunto con la obras de primera etapa para atender la población servida al final del período de previsión. Las obras consisten en cuatro lagunas facultativas, dos de las cuales serán de construcción inmediata.

El resumen del presupuesto de las obras del proyecto son las siguientes:

**CUADRO N° 16**  
**Resumen del Presupuesto del Proyecto**  
(Miles de \$ de dic. de 1994. Sin IVA)

OBRAS	MONTO (M\$)
<b>OBRAS DE PRIMERA ETAPA ( año 1997)</b>	
Obras de Mejoramiento inmediato(Situación sin proyecto)	4.774
Red de Colectores	184.351
Planta Elevadora (P.E.) N°1 e Impulsión	17.973
Planta Elevadora N°2 e Impulsión	9.928
Equipos motobombas P.E. N° 1 y 2	20.801
Planta de tratamiento	134.089
<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>371.917</b>
Planta de Tratamiento 2 <sup>da</sup> etapa (año 2000)	88.694

Los equipos motobombas tienen una vida útil de 10 años, por lo tanto se debe considera la reposición de estos equipos (años 2007 y 2017). El resto de las obras tiene una vida útil superior a los 20 años, adoptado como horizonte del proyecto.

b) **Costos de Operación y Mantenimiento.**

Los costos de operación y mantenimiento se han obtenido en base a datos históricos de la Empresa y precios vigentes de mercado.

### Costos de mantención periódica

De acuerdo a los datos de la Empresa se considerará un costo de mantención de las motobombas equivalente al 5% del costo de inversión de los mismos, es decir se tendrá un costo anual por este concepto de M\$ 1.040  $[20.801 \cdot 0,05]$ .

Del mismo modo para el resto de las obras se asume un costo equivalente al 0,3% de la inversión, por tanto se tendrá un costo anual de M\$ 1.053  $[(371.917 - 20.801) \cdot 0,003]$ , para el período comprendido entre 1998 y el año 2000. Para el período 2001 al 2020, se tendría un flujo anual por este concepto de M\$ 1.319  $[(371.917 + 88.694 - 20.801) \cdot 0,003]$ .

Por lo tanto el monto anual constante de gasto de mantención será de M\$ 2.093  $[1.040 + 1.053]$ , para el período 1998-2000 y de M\$ 2.359  $[1.040 + 1.319]$ , para el período 2001-2020.

### Costo de energía eléctrica

El costo unitario por consumo de energía eléctrica, para motobombas eléctricas de estas características es de \$ 5,64 por m<sup>3</sup>.

### Costo en personal

En este ítem se incluyen los desembolsos por remuneración de los empleados administrativos y obreros que se emplearán para operar las nuevas obras de ampliación. Para su valorización se ha considerado la siguiente planta:

2 Operarios, con un salario mensual cada uno de : \$ 120.000

Por lo tanto el costo anual constante por concepto de Personal es de M\$ 2.880.

El cálculo del VAC del proyecto se presenta en el cuadro N° 17.

**CUADRO N° 17**  
**Cálculo del Valor Actual de Costos (VAC) (Miles de \$)**

AÑO	INVERSION Y REPOSICION	VOLUMEN A.S.(m3/año)	COSTOS O&M		TOTAL
			E.ELECTRICA	FIJOS	
1997	228,279				228.279
1998	134,089	244,293	1.378	2,093	137.560
1999		262,581	1.481	2.093	3.574
2000	88,694	278,592	1.571	2.093	92.358
2001		295,416	1.666	2,359	4.025
2002		316,607	1.786	2,359	4.145
2003		338,942	1.912	2,359	4.271
2004		358,699	2.023	2,359	4.382
2005		371,616	2.096	2,359	4.455
2006		384,998	2.171	2,359	4.530
2007	20,801	398,862	2.250	2,359	25.410
2008		413,225	2.331	2,359	4.690
2009		428,106	2.415	2,359	4.774
2010		443,522	2.501	2,359	4.860
2011		459,493	2.592	2,359	4.951
2012		476,040	2.685	2,359	5.044
2013		493,182	2.782	2,359	5.141
2014		510,942	2.882	2,359	5.241
2015		529,342	2.985	2,359	5.344
2016		548,403	3.093	2,359	5.452
2017	20,801	568,152	3.204	2,359	26.365
2018		588,611	3.320	2,359	5.679
<b>VAC</b>	<b>334,810</b>		<b>11,944</b>	<b>13,712</b>	<b>360,466</b>



El valor actual ( al año 1995) de los costos totales del proyecto es de M\$ 360.466. Se ha utilizado una tasa de descuento constante del 12%. El costo de inversión y reposición de equipos representa el 93 % del costo total.

## **H. ANALISIS SOCIOECONOMICO**

En este análisis se aplicará una metodología costo-beneficio, para el proyecto de mejoramiento y ampliación de agua potable, y en el caso del proyecto de alcantarillado se determinará el indicador costo-eficiencia y se comparará con el valor de corte establecido por MIDEPLAN.

### **H.1 Análisis beneficio-costos del proyecto de agua potable**

#### **ENTRADA DE DATOS DEL MODELO**

Para este análisis se utilizará el modelo SIMOP, con el cual es posible obtener, en un análisis beneficio-costos, la rentabilidad del proyecto. El modelo tiene predefinida una entrada de datos, la cual se expone a continuación señalando los criterios para estimar las variables del modelo (se muestra subrayado el dato que se debe ingresar) y en cada variable se especifica la letra con que el modelo identifica el dato.

#### **1) Instrucciones al Programa.**

Estas son instrucciones al programa indicando las actividades simuladas que se realizarán. Las instrucciones a utilizar en esta evaluación son las siguientes:

**RUNAME.** Permite introducir en el Programa el nombre del proyecto, el cual figurará en los listados de salida. Nombraremos al proyecto como "Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable de Longavi".

**RUNJOB.** Permite que el modelo realice varias pasadas de cálculo si uno lo desea. En nuestro caso le pediremos una pasada (1).

**NEWCON.** Permite identificar un nuevo grupo de consumidores que entre al sistema. Se le debe asignar un número entre 1 y 5, que lo identifique de otros grupos de consumidores que se desee incorporar. En nuestro caso identificaremos al nuevo grupo (áreas de expansión) con el número 2, reservando el número 1 para el grupo de consumidores actualmente conectados al sistema de abastecimiento.

**DATAIN.** Esta instrucción precede a los datos del proyecto y debe incluirse siempre para la simulación.

2) Número de grupos de consumidores [G].

De acuerdo a las características del proyecto se definirán dos ( 2 ) grupos de consumidores, identificados como sigue:

- Grupo 1: Corresponde a los actuales suscriptores del sistema de agua potable.
- Grupo 2: Corresponden a las familias que actualmente se encuentran fuera de cobertura (NEWCON). Estas familias actualmente obtienen agua desde pozos con extracción manual del agua (sin bomba eléctrica) y su estratificación social señala que son familias de escasos recursos.

No se utiliza otra división entre los actuales consumidores porque como se explicó en el capítulo A. el consumo es mayoritariamente residencial o doméstico, porque no existen industrias que utilicen agua potable para su proceso de producción.

3) Horizonte económico [G].

Se utilizará un horizonte económico del proyecto de 25 años.

4) Año de inicio de los beneficios [G].

Se asume que el proyecto se construye el año 1997, año en el cual se presenta deficitaria la infraestructura en sus componentes principales. Dada la poca envergadura del proyecto es factible su construcción en un año, por lo tanto el año 1998 se inicia la operación de las

nuevas obras y por consiguiente los consumidores empiezan a recibir los beneficios de disponer de mas agua y lograr una ampliación de la cobertura en redes y conexiones domiciliarias.

Se asume como año cero(base) del período al año 1995, por lo tanto el inicio de los beneficios será el año 3 del horizonte.

5) Tasa de descuento social [G].

Se utilizará una tasa constante del 12% ( 0,12 ), valor usualmente recomendado por Organismos de financiamiento como el BID.

6) Capacidad sin proyecto [G].

Se debe identificar claramente la situación actual, lo cual permitirá al modelo estimar los beneficios atribuibles exclusivamente al Proyecto.

Como se indicó en el punto E.1, la capacidad del sistema actual es equivalente a un volumen anual de 319.565 m<sup>3</sup>/año. Esta capacidad se asume como constante en todo el período.

7) Capacidad incremental [G]

El proyecto fue dimensionado para abastecer la demanda por agua potable, complementariamente con las obras existentes, hasta el año 2018 (período de previsión de 20 años, contados desde 1998). Esta demanda calculada y presentada en el cuadro N° 6 es de 747.568 m<sup>3</sup>/año.

Por lo tanto el aporte del proyecto alcanza a un volumen de 428.003 m<sup>3</sup>/año. Esto se calcula como la diferencia entre la capacidad "con proyecto" (747.568) y la capacidad "sin proyecto" (319.565).

8) Capacidad disponible para los nuevos consumidores en la situación sin proyecto [K].

Se debe registrar la capacidad de abastecimiento de agua disponible para los consumidores nuevos (NEWCON), a los cuales hemos identificado con el número 2, en el caso que no se conectaran al sistema. Como se explicó anteriormente las familias actualmente fuera de

cobertura, se abastecen de pozos propios, los cuales no presentan restricción para su uso (cantidad de agua disponible), de tal manera que usaremos la opción "0" que especifica al modelo que no existe restricción de capacidad en los sistemas alternativos en uso (pozos propios)

9) Elasticidad precio de la demanda [D].

Los valores vigentes, entregados por MIDEPLAN, aplicables a los grupos de consumidores que hemos definido son los siguientes:

GRUPO	ELASTICIDAD
1 (Existentes)	-0,232
2 (NEWCON)	-0,51

La elasticidad del grupo 1, corresponde al valor obtenido para los consumidores residenciales, según reciente estudio de Demanda realizado por MIDEPLAN. Para el grupo 2, correspondiente a sectores de bajos ingresos, se aplicó la elasticidad obtenida para este tipo de consumidor en estudio de la Universidad de Chile, para MIDEPLAN.

10) Tarifa actual [D].

En el cuadro N° 4 se presentaron las tarifas vigentes de la Empresa, el cargo variable para agua potable es de \$ 72,14 por m<sup>3</sup>.

11) Consumo año base [D].

Se definió como año base, del horizonte al año 1995. El consumo que tendrá el grupo 1 (consumidores existentes), es el entregado en el cuadro N° 6, en el cual se registra para dicho año una demanda de 308.147 m<sup>3</sup>/año .

Respecto al grupo 2, en ese año están fuera de cobertura y corresponden a 463 familias o 2.292 habitantes ( $463 \times 4,95$ ). La demanda no satisfecha por agua potable de ese grupo es de  $114.611 \text{ m}^3/\text{año}$  [ $2292 \times 137 \times 0,365$ ], esta demanda se calculó con una dotación de consumo de 137 l/h/d, que corresponde a la dotación proyectada para ese año (ver cuadro N° 6).

Por lo tanto los datos de entrada son los siguientes:

- Consumo (demanda) grupo 1: 308.147  $\text{m}^3/\text{año}$
- Consumo (demanda) grupo 2: 114.611  $\text{m}^3/\text{año}$

12) Curva de demanda [D].

Para ambos grupos, por su características de demanda residencial, se utilizará la curva de demanda con elasticidad constante (hipérbola rectangular), o tipo 3.

13) Tasa de crecimiento de la demanda [D].

Las tasas de crecimiento fueron presentadas en el cuadro N° 7, las cuales serán utilizadas en el modelo para proyectar la demanda de ambos grupos.

14) Tarifa futura [T].

En el cuadro N° 4 se presentaron las tarifas vigentes y se indicó que no se prevén alzas futuras en la tarifa en términos reales. Sin embargo cuando se amplíe la cobertura en alcantarillado la tarifa aumentará por el cobro del cargo variable de alcantarillado y de tratamiento.

El aumento de cobertura en alcantarillado será posible a partir del primer año de operación de las nuevas obras, esto es el año 3 del período (1998). El cobro del cargo variable por tratamiento se estima sería factible solo a partir del segundo año de operación del sistema, una vez que la Superintendencia de Servicios Sanitario certifique que la planta de tratamiento está trabajando de acuerdo a los estándares de diseño y el efluente de la misma tiene la calidad exigida en la Norma respectiva. Por lo tanto, asumiendo que las obras de tratamiento se terminan de construir el año 3 del período, la última alza real de la tarifa se verificará el año 5 del período (2000). Entonces las tarifas futuras serán las siguientes:

**CUADRO N° 18**  
**Tarifas Futuras de A.P. y Alcantarillado**

AÑO	TARIFA (\$/m <sup>3</sup> )
1995 - 1997	72,14
1998 - 1999	128,49
2000 -	175,66

15) Precio del agua para los nuevos consumidores (A).

Corresponde al "precio" que pagan los consumidores que actualmente están fuera de cobertura y corresponde al costo variable privado de abastecimiento. La fuente alternativa que hoy utilizan estas familias corresponde al acarreo de agua desde pozos propios (sin motobomba para la extracción de agua). El costo en este caso estará dado principalmente por el valor del tiempo dedicado a la extracción y acarreo del agua.

En el reciente estudio de demanda de MIDEPLAN, se determinó un valor de \$ 830 por m<sup>3</sup>, el cual usaremos en esta simulación.

16) Costo periódico (P).

Este tipo de costo tiene una estructura cíclica o regular, es decir se pueden incorporar en este caso los costos fijos de personal y mantenimiento, los cuales presentan un flujo anual constante de M\$ 6.094 (ver cuadro N° 15).

Del mismo modo por su característica cíclica se puede incorpora en este tipo de costos los correspondientes a reposición de equipos, cada 10 años, con un valor de M\$ 9.069 (ver cuadro N° 15).

Ambos costos corresponden al tipo de aumento del costo de explotación, los cuales de identifican para el modelo con el número 2. Por lo tanto los datos a ingresar son los siguientes:

CUADRO N° 19  
Costos Periódicos

CANTIDA D M\$	PERÍODO		N° PERIODOS ENTRE OCURRENC IAS
	INICIO	TERMIN O	
6.094	3	25	1
9.069	3	25	10

17) Costos no periódicos.

En este tipo de costo se puede incorporar las inversiones del proyecto, expresando esta en precios sociales.

Para transformar los valores privados de la inversión a precios sociales es necesario tener presente los componente de la inversión y los factores de corrección.

En los componentes de la inversión se debe diferenciar entre componentes transables y no transables. En estos últimos se encuentran los siguientes componentes de la inversión:

- Materiales y equipos
- Impuestos
- Mano de obra calificada
- Mano de obra semicalificada
- Mano de obra no calificada

Los factores de conversión, son entregados por MIDEPLAN, y permiten corregir la componente transable de la inversión y la mano de obra semicalificada y no calificada. Los impuestos no se consideran en la valorización social, ya que éstos sólo representan

transferencias, y no implican una utilización de recursos en la economía. Los factores de conversión (aplicados sobre el valor privado o de mercado), vigentes, informados por MIDEPLAN son los siguientes:

- Precio social de la mano de obra (factores)
- Mano de obra calificada : 1
- Mano de obra semicalificada : 0,73
- Mano de obra no calificada : 0,66
- Precio social de la divisa : 1,06

Se utilizarán componentes de la inversión, según precios unitarios de proyectos del sector. En los cuadros que siguen se muestra el cálculo para la conversión de los precios de mercado a precios sociales:

**CUADRO N° 20**  
**Componentes de la Inversión Captación y Urbanización**

CAPTACION Y URBANIZACION			
COMPONENTE	COMPONENTE PRIVADO (%)	FACTOR CONVERSION	COMPONENTE SOCIAL (%)
1. Transable	15,0%	1,06	15,90%
2. No Transable			
2.1 MO no Calif.	20,9%	0,66	13,79%
2.2 MO semi Calif.	9,6%	0,73	7,01%
2.3 MO Calificada	9,5%	1,00	9,50%
2.4 Materiales	45,0%	1,00	45,00%
Valor Privado	100,0%	Valor Social	91,20%



El cuadro anterior muestra las componentes de la inversión en el caso de las obras de captación y urbanización, señalando la siguiente información:

- Columna 1: Las componentes de la inversión, clasificadas en transables y no transables. Estas últimas a su vez se clasifican en tres categorías de mano de obra y en materiales.
- Columna 2: El porcentaje de la componente. La suma de las componentes de la mano de obra y materiales es igual a la componente no transable.
- Columna 3: Contiene los factores de conversión entregados por MIDEPLAN.
- Columna 4: Corresponde al valor social de la componente. Se obtiene del producto de las columnas 2 y 3.

La corrección de la inversión de las obras de Captación y urbanización se obtiene multiplicando el valor de mercado o privado por 0,912.

A continuación se realiza el mismo ejercicio para el resto de las tipologías de inversión de este proyecto.

CUADRO N° 21

**Componentes de la Inversión Equipos Motobombas y Eléctricos**

EQUIPO MOTOBOMBA Y EQUIPOS ELECTRICOS			
COMPONENTE	COMPONENTE PRIVADO (%)	FACTOR CONVERSION	COMPONENTE SOCIAL (%)
1. Transable	58,0%	1,06	61,50%
2. No Transable			
2.1 MO no C	7,0%	0,66	4,60%
2.2 MO semi C	5,1%	0,73	3,70%
2.3 MO C.	9,9%	1,00	9,90%
2.4 Materiales	20,0%	1,00	20,00%
Valor Privado	100,0%	Valor Social	99,70%

**CUADRO N° 22**  
**Componentes de la Inversión Red de PVC**

RED DE PVC			
COMPONENTE	COMPONENTE PRIVADO (%)	FACTOR CONVERSION	COMPONENTE SOCIAL (%)
1. Transable	36.2%	1,06	38,4%
2. No Transable			
2.1 MO no C	12.2%	0.66	8,0%
2.2 MO semi C	2.4%	0.73	1,8%
2.3 MO C.	8.0%	1.00	8,0%
2.4 Materiales	41,2%	1.00	41,2%
Valor Privado	100,0%	Valor Social	97,4%

**CUADRO N° 23**  
**Componentes de la Inversión Estanque H.A.**

ESTANQUE DE HORMIGON ARMADO.			
COMPONENTE	COMPONENTE PRIVADO (%)	FACTOR CONVERSION	COMPONENTE SOCIAL (%)
1. Transable	38.7%	1,06	41,0%
2. No Transable			
2.1 MO no C	9.5%	0.66	6,3%
2.2 MO semi C	15.2%	0.73	11,1%
2.3 MO C.	13.3%	1.00	13,3%
2.4 Materiales	23,3%	1.00	23,3%
Valor Privado	100,0%	Valor Social	95,0%

Con los factores de corrección se procede a corregir los valores privados de la inversión del proyecto incremental. El presupuesto del proyecto se presentó en el cuadro N° 13, al descontar la inversión sin proyecto (ver punto C.1), se obtiene la inversión incremental, sobre la cual se efectúa la corrección de los precios privados a precios sociales, tal como se muestra en el cuadro que sigue:

**CUADRO N° 24**  
**Resumen del Presupuesto del Proyecto**  
(Miles de \$ de dic. de 1994. Sin IVA)

OBRAS	INVERSION PRIVADA (M\$)			INVERSIÓN SOCIAL (M\$)
	C/PROYECTO	S/PROYECTO	INCREMENTAL	
Obras civiles de la captación	50.676	0	50.676	46.217
Equipos motobombas	9.069	0	9.069	9.042
Red de distribución	58.539	19.333	39.206	38.187
Estanque de regulación	63.203	0	63.203	61.307
Urbanización	17.000	0	17.000	15.504
O. Eléctricas	10.958	0	10.958	10.925
<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>209.445</b>	<b>19.333</b>	<b>190.112</b>	<b><u>181.182</u></b>

18) Costos variables de producción (V).

El costo de los insumos Energía eléctrica (para el funcionamiento de las motobombas de los sondeos) y Productos químicos (aplicación de gas cloro para la desinfección del agua) es de \$ 11,09 por m<sup>3</sup>, según lo calculado en el punto G.1371 b).

19) Ahorro real en los costos para los nuevos consumidores (S).

Este dato es aplicable a los NEWCON (nuevos consumidores, identificado como grupo 2, en

este caso) y corresponde al ahorro real en el costo por unidad de agua suministrada (autoabastecimiento). Este costo corresponde al de construcción y operación del pozo propio de cada familia, en su actual sistema de abastecimiento. El estudio de demanda elaborado por MIDEPLAN entrega un valor para este costo de \$ 1.133 por m<sup>3</sup>.

De este modo se ha completado la entrada de datos, para el modelo este fin de datos se reconoce con las siguientes instrucciones, que siempre deben estar en el listado:

ENDATA

JOBEND

Luego de este proceso se debe crear un archivo con estos datos para posteriormente proceder a su procesamiento.

En el Anexo 1 se presenta el listado de salida del SIMOP, en el se encuentra la siguiente secuencia:

- Primera página. Entrada de datos expuesta en los puntos 1) a 19)
- Segunda página. Proyección de demanda por grupo de consumidores y la oferta sin y con proyecto.
- Tercera y cuarta página. Resumen de beneficios para el grupo 1 y 2 respectivamente.
- Quinta página. Beneficios para ambos grupos y total. Costos económicos brutos y beneficios económico netos.
- Sexta página. Resultados, referidos al VAN y TIR del proyecto en la simulación base.

### RESULTADOS

Los resultados de la simulación base efectuada son resumidamente los que se presentan a continuación:

**CUADRO N° 25**  
**Resultados de la Simulación Base**

ITEM	MONTO (M\$)
<b>A. BENEFICIOS</b>	
GRUPO 1	234.163
GRUPO 2	559.254
TOTAL BENEFICIOS	793.417
<b>B. COSTOS</b>	
PERIODICOS	52.304
NO PERIODICOS	161.770
VARIABLES DE PRODUCCION	14.006
TOTAL COSTOS	228.079
C. VALOR NETO (VAN) [A-B]	<b>565.338</b>
D. TASA INTERNA DE RETORNO (TIRE)	<b>36,99%</b>

Los montos presentados son el valor presente de los beneficios y costos del proyecto, utilizando para la actualización de los flujos una tasa de descuento social del 12% anual y constante.

Se puede apreciar que los beneficios percibidos por el grupo de consumidores que actualmente se encuentra fuera de cobertura (sectores de escasos recursos) representa un 70,5% de todos los beneficios generados por el proyecto. Los beneficios de este nuevo grupo son de dos tipos: - por el mayor consumo de agua que les permite el proyecto y; - por ahorro de recursos al abandonar su actual sistema de abastecimiento (pozos propios); este último beneficio representa el 64,3% de los beneficios de este grupo.

En cuanto a los costos, los de inversión representan el 70,9% del total, le siguen en importancia los costos periódicos (fijos) con un 23% del total de costos.

Los indicadores VAN y TIR demuestran que el proyecto es rentable y por lo tanto es conveniente para la sociedad que este proyecto se materialice.

## **H.2 Cálculo del indicador costo-eficiencia para el proyecto de alcantarillado**

### **METODOLOGIA**

Para estimar la conveniencia de aprobar la inversión en este proyecto se determinará el indicador costo-eficiencia. El objetivo de este indicador es el de obtener el costo promedio por unidad de beneficio de una alternativa. Obtenido el costo promedio, en valor presente, es necesario compararlo con un valor de corte, el cual puede ser equivalente a la disposición máxima a pagar de los beneficiarios por este tipo de proyecto.

En el caso Chileno, se efectuó una aplicación de la metodología de Valuación Contingente. Esta metodología consiste, básicamente, en medir la máxima disposición a pagar por un bien o servicio -o por la implementación de un proyecto- de los potenciales consumidores o beneficiarios de los mismos, sobre la base de un cuidadoso proceso de entrevistas. Para ello se seleccionan muestras adecuadas de las poblaciones beneficiadas y se diseñan cuestionarios que cumplan ciertas condiciones operacionales de referencia. Con la información procedente del proceso de entrevistas, se realiza un análisis econométrico -el que utiliza un mecanismo de preferencias reveladas, para estimar los parámetros de las funciones de utilidad y de las restricciones enfrentadas por el individuo y/o su familia. Estos parámetros estructurales estimados serán la base para determinar la máxima disposición a pagar de los individuos u hogares por los bienes o servicios que se les ofrecen o las diferentes alternativas consideradas en el proyecto.

De esta forma se determinó la disposición máxima a pagar por los siguientes proyectos:

- Instalación de redes de alcantarillado : US\$ 420 por beneficiario
- Instalación de redes y tratamiento de las aguas servidas : US\$ 576 por beneficiario

El indicador costo-eficiencia (CE) en este caso se determinará como sigue:

$$CE = \frac{VPC}{B}$$

Donde:

**VPC** = Valor presente de los costos incrementales de inversión, operación y mantenimiento.

**B** = Número de personas beneficiadas en el primer año de operación del proyecto.

#### PRECIOS SOCIALES DE LA INVERSION

Para transformar los valores privados de la inversión a precios sociales se procederá de la misma forma aplicada en el proyecto de agua potable (ver punto H.1, 17)).

Se utilizaran componentes de la inversión, según precios unitarios de proyectos del sector. En los cuadros que siguen se muestra el cálculo para la conversión de los precios de mercado a precios sociales:

CUADRO N° 26

#### **Componentes de la Inversión Red de PVC**

RED DE PVC			
COMPONENTE	COMPONENTE PRIVADO (%)	FACTOR CONVERSION	COMPONENTE SOCIAL (%)
1. Transable	24,0%	1,06	25,44%
2. No Transable			
2.1 MO no Calif.	9,0%	0,66	5,94%
2.2 MO semi Calif.	4,0%	0,73	2,92%
2.3 MO Calificada	7,0%	1,00	7,00%
2.4 Materiales	56,0%	1,00	56,00%
Valor Privado	100,0%	Valor Social	97,30%

La corrección de la inversión de las obras de red de colectores en PVC se obtiene multiplicando el valor de mercado o privado por 0,973.

A continuación se realiza el mismo ejercicio para el resto de las tipologías de inversión de este proyecto.

CUADRO N° 27

**Componentes de la Inversión Planta Elevadora e Impulsión**

PLANTA ELEVADORA E IMPULSION			
COMPONENTE	COMPONENTE PRIVADO (%)	FACTOR CONVERSION	COMPONENTE SOCIAL (%)
1. Transable	20,0%	1,06	21,20%
2. No Transable0			
2.1 MO no Calif.	9,9%	0,66	6,53%
2.2 MO semi Calif.	6,3%	0,73	4,60%
2.3 MO Calificada	9,9%	1,00	9,90%
2.4 Materiales	53,9%	1,00	53,90%
Valor Privado	100,0%	Valor Social	96,13%

CUADRO N° 28

**Componentes de la Inversión Equipos Motob. y Eléctricos**

EQUIPOS MOTOBOMBAS Y ELECTRICOS			
COMPONENTE	COMPONENTE PRIVADO (%)	FACTOR CONVERSION	COMPONENTE SOCIAL (%)
1. Transable	36,0%	1,06	38,15%
2. No Transable			
2.1 MO no Calif.	5,5%	0,66	3,63%
2.2 MO semi Calif.	7,4%	0,73	5,40%
2.3 MO Calificada	8,0%	1,00	8,00%
2.4 Materiales	43,1%	1,00	43,10%
Valor Privado	100,0%	Valor Social	98,28%



**CUADRO N° 29**  
**Componentes de la Inversión Planta de Tratamiento**

PLANTA DE TRATAMIENTO (Lagunas Facultativas)			
COMPONENTE	COMPONENTE PRIVADO (%)	FACTOR CONVERSION	COMPONENTE SOCIAL (%)
1. Transable	10,0%	1,06	10,60%
2. No Transable			
2.1 MO no Calif.	15,0%	0,66	9,90%
2.2 MO semi Calif.	6,5%	0,73	4,75%
2.3 MO Calificada	7,0%	1,00	7,00%
2.4 Materiales	61,5%	1,00	61,50%
Valor Privado	100,0%	Valor Social	93,75%

Con los factores de corrección se procede a corregir los valores privados de la inversión del proyecto incremental. El presupuesto del proyecto se presentó en el cuadro N° 16, al descontar la inversión sin proyecto (ver punto C.2), se obtiene la inversión incremental, sobre la cual se efectúa la corrección de los precios privados a precios sociales, tal como se muestra en el cuadro que sigue:

**CUADRO N° 30**  
**Resumen del Presupuesto del Proyecto**  
(Miles de \$ de dic. de 1994. Sin IVA)

OBRAS	INVERSION PRIVADA (M\$)			INVERSION SOCIAL (M\$)
	C/PROYECTO	S/PROYECTO	INCREMENTAL	
OBRAS DE 1ra ETAPA (año 1997)				
Obras de mejoramiento inmediato	4.774	4.774	0	0
Red de colectores	184.351	0	184.351	179.374
Planta elevadora N° 1 e impulsión	17.973	0	17.973	17.277
Planta elevadora N° 2 e impulsión	9.928	0	9.928	8.947
Equipos motobombas P.E. N° 1 y 2	20.801	0	20.801	15.237
Planta de tratamiento	134.089	0	134.089	125.708
INVERSION 1ra ETAPA	371.917	4.774	367.143	346.543
Planta tratamiento 2da Etapa(año 2000)	88.694	0	88.694	83.151

Para el cálculo del valor presente o actual (VP) de los flujos de estos costos de inversión, se utiliza la siguiente expresión:

$$VP = \sum_{t=0}^n \frac{P_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

Pt : Flujo de costos de inversión, en este caso se tienen los siguientes flujos en los años que se indican:

M\$ 220.835, inversión del año 1997.

M\$ 125.708, inversión del año 1998 (1ra etapa de Planta de Tratamiento)

M\$ 83.151, inversión del año 2000 (2da etapa de Planta de Tratamiento)

M\$ 19.996, inversión de los años 2007 y 2017 (valor social de reposición de las motobombas)

El valor presente de estos flujos de costos de inversión (al año 1995), se calcula de la siguiente forma:

$$VP = 220.835/(1,12^2) + 125.708/(1,12^3) + 83.151/(1,12^5) + 19.996*(1,12^{(-10)}+1,12^{(-20)})$$

$$VP = \text{M\$ } 321.218$$

Por tanto el valor actual de los costos de inversión y reposición de equipos, expresados en valores sociales, alcanza un monto de M\$ 321.218, descontando los flujos a una tasa anual constante del 12%.

#### CALCULO DEL INDICADOR COSTO-EFICIENCIA

Utilizando la expresión entregada en el subtítulo METODOLOGIA, se determina el indicador costo-eficiencia con los siguientes datos:

- Valor presente de los costos (VAC): M\$ 346.874  
[Del cuadro 17 se obtiene el VAC de los costos de operación y mantenimiento, cuyo valor es de M\$ 25.656, a este se le suma el valor presente de los costos de inversión y reposición recientemente calculado en M\$ 321.218]
- Tasa de cambio : \$ 415 por US\$.

- Beneficiarios del primer año de operación, 1998 (B) : 5.356 habitantes  
[Tomado del cuadro N° 6]

De esta forma el indicador costo-eficiencia del proyecto es de:

$$CE = \text{US\$ } 156 \text{ por habitante servido; } [M\$346.874 * 1000 / \text{US\$}415 / 5.356 \text{hab}]$$

Comparando este monto con el valor de corte recomendado por MIDEPLAN, se puede asegurar que es conveniente acometer el proyecto, para dar cobertura domiciliaria a las familias que no disponen de este servicio y a la vez eliminar la contaminación que actualmente producen las descargas al río Liguay.

**ANEXO 1**

**LISTADO DE SALIDA DEL SIMOP**



## RESUMEN DE MACROINSTRUCCIONES PARA ESTA PASADA

RUNAME	0.	MEJORAMIENTO Y AMPLIACION A.P. DE LONGAVI			
RUNJOB	1.	INSTITUTO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE			
RATION	1.	PLANIFICACION ECONOMICA Y SOCIAL - ILPES			
NEWCON	2.	PEDRO REYES PIZARRO			
DATAIN	0.	FEBRERO DE 1996			
G	2.00	25.00	3.00		
G	.12	.12	.12		
G	.12	.12	.12		
G	1.00				
G	1.00	25.00	319.57	319.57	
G	1.00				
G	1.00	25.00	428.00	428.00	
K	1.	2.			
K	1.0000	25.0000	.0000	.0000	
D	-.23	-.51			
D	72.14	72.14			
D	307.77	114.61			
D	3.00	3.00			
D	.00				
D	2.	1.			
D	.0000	3.0000	.0613	.0613	
D	4.0000	25.0000	.0360	.0360	
D	2.	2.			
D	.0000	3.0000	.0613	.0613	
D	4.0000	25.0000	.0360	.0360	
T	3.	1.			
T	1.0000	2.0000	72.1400	72.1400	
T	3.0000	4.0000	128.4900	128.4900	
T	5.0000	25.0000	175.6600	175.6600	
T	3.	2.			
T	1.0000	2.0000	72.1400	72.1400	
T	3.0000	4.0000	128.4900	128.4900	
T	5.0000	25.0000	175.6600	175.6600	
A	1.	2.			
A	1.0000	25.0000	830.0000	830.0000	
P	2.	0.			
P	2.00	6094.00	3.00	25.00	1.00
P	2.00	9069.00	3.00	25.00	10.00
N	1.00				
N	1.	1.			
N	2.	181182.			
V	11.09				
V	.00	.00			
C	1.00	1.00	1.00	1.00	.00
S	1.	2.			
S	1.0000	25.0000	1133.0000	1133.0000	
ENDATA	0.				

AÑO	OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PROYECTADAS					OFERTA TOTAL		NORMA DE DISTR.NO. 1	
	CONSUMO POR GRUPOS					TOTAL	SIN	CON	SIN NVOS CON NVOS
	1	2	3	4	5				
3	322.	102.	0.	0.	0.	424.	320.	748.	X
4	333.	106.	0.	0.	0.	439.	320.	748.	X
5	321.	93.	0.	0.	0.	415.	320.	748.	X
6	333.	97.	0.	0.	0.	429.	320.	748.	X
7	345.	100.	0.	0.	0.	445.	320.	748.	X
8	357.	104.	0.	0.	0.	461.	320.	748.	X
9	370.	108.	0.	0.	0.	478.	320.	748.	X
10	383.	111.	0.	0.	0.	495.	320.	748.	X
11	397.	115.	0.	0.	0.	513.	320.	748.	X
12	411.	120.	0.	0.	0.	531.	320.	748.	X
13	426.	124.	0.	0.	0.	550.	320.	748.	X
14	442.	128.	0.	0.	0.	570.	320.	748.	X
15	457.	133.	0.	0.	0.	590.	320.	748.	X
16	474.	138.	0.	0.	0.	612.	320.	748.	X
17	491.	143.	0.	0.	0.	634.	320.	748.	X
18	509.	148.	0.	0.	0.	657.	320.	748.	X
19	527.	153.	0.	0.	0.	680.	320.	748.	X
20	546.	159.	0.	0.	0.	705.	320.	748.	X
21	566.	164.	0.	0.	0.	730.	320.	748.	X
22	586.	170.	0.	0.	0.	756.	320.	748.	X
23	607.	177.	0.	0.	0.	784.	320.	748.	X
24	629.	183.	0.	0.	0.	812.	320.	748.	X
25	651.	189.	0.	0.	0.	841.	320.	748.	X



## RESUMEN DE BENEFICIOS PARA EL GRUPO DE CONSUMIDORES NO. 1 (GRUPO EXISTENTE ANTERIORMENTE)

ELAST.	MAX	PRECIO		CONSUMO			BENEFICIOS ECONOMICOS BRUTOS			
		PROY	CON	SIN	CON	SIN	NETO	CONSUMO NETO	AHORRO RECURSOS	TOTAL
-.23	INDEFINIDO	128.49	128.49	132.33	322.	320.	2.	286.	0.	286.
-.23	INDEFINIDO	128.49	128.49	154.10	333.	320.	14.	1940.	0.	1940.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	179.46	321.	320.	2.	282.	0.	282.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	208.98	333.	320.	13.	2522.	0.	2522.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	243.37	345.	320.	25.	5208.	0.	5208.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	283.40	357.	320.	38.	8419.	0.	8419.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	330.03	370.	320.	50.	12242.	0.	12242.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	384.33	383.	320.	64.	16782.	0.	16782.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	447.56	397.	320.	78.	22160.	0.	22160.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	521.20	411.	320.	92.	28517.	0.	28517.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	606.95	426.	320.	107.	36017.	0.	36017.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	706.81	442.	320.	122.	44853.	0.	44853.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	823.09	457.	320.	138.	55247.	0.	55247.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	958.51	474.	320.	154.	67460.	0.	67460.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	1116.21	491.	320.	171.	81794.	0.	81794.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	1299.86	509.	320.	189.	98603.	0.	98603.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	1513.72	527.	320.	207.	118299.	0.	118299.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	1762.76	546.	320.	226.	141360.	0.	141360.
-.23	INDEFINIDO	175.66	175.66	2052.78	566.	320.	246.	168344.	0.	168344.
-.23	INDEFINIDO	175.66	184.68	2390.51	586.	320.	260.	198682.	0.	198682.
-.23	INDEFINIDO	175.66	215.06	2783.81	607.	320.	260.	231371.	0.	231371.
-.23	INDEFINIDO	175.66	250.44	3241.82	629.	320.	260.	269437.	0.	269437.
-.23	INDEFINIDO	175.66	291.65	3775.18	651.	320.	260.	313766.	0.	313766.

Página 160

BENEFICIOS Y COSTOS TOTALES									
BENEFICIOS ECONOMICOS BRUTOS					COSTOS ECONOMICOS BRUTOS			BENEFICIOS ECONOMICOS NETOS	
1	2	3	4	5	TOTAL	PERIODICOS	NO PERIODICOS	VARIABLES DE PRODUCCION	TOTAL
								SUMINISTRO	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	181182	0	181182
286	65060	0	0	0	65346	15163	0	0	-181182
1940	67402	0	0	0	69342	6094	0	1156	16319
282	67403	0	0	0	67685	6094	0	1325	7419
2521	69829	0	0	0	72351	6094	0	1053	7147
5208	72343	0	0	0	77551	6094	0	1218	7312
8418	74948	0	0	0	83366	6094	0	1390	7484
12241	77646	0	0	0	89888	6094	0	1568	7662
16781	80441	0	0	0	97223	6094	0	1752	7846
22159	83337	0	0	0	105497	6094	0	1942	8036
28516	86337	0	0	0	114854	6094	0	2140	8234
36017	89445	0	0	0	125463	6094	0	2344	8438
44853	92665	0	0	0	137518	15163	0	2556	17719
55247	96001	0	0	0	151248	6094	0	2776	8870
67459	99457	0	0	0	166917	6094	0	3004	9098
81794	103038	0	0	0	184832	6094	0	3239	9333
98603	106747	0	0	0	205350	6094	0	3484	9578
118298	110590	0	0	0	228889	6094	0	3737	9831
141359	114571	0	0	0	255931	6094	0	3999	10093
168343	118696	0	0	0	287040	6094	0	4270	10364
198682	122619	0	0	0	321301	6094	0	4552	10646
231370	125905	0	0	0	357276	6094	0	4746	10840
269436	129229	0	0	0	398666	15163	0	4746	19909
313765	132585	0	0	0	446351	6094	0	4746	10840
							0		10840
							0		435510

VALOR PRESENTE DE LOS BENEFICIOS Y LOS COSTOS (TASA DE DESCUENTO= .000 .120 .120 .120 .120 .120)

A. BENEFICIOS	MONTO
GRUPO 1	234163.
GRUPO 2	559254.
GRUPO 3	0.
GRUPO 4	0.
GRUPO 5	0.
 SUBTOTAL	 793417.

B. COSTOS	
PERIODICOS	52304.
NO PERIODICOS	161770.
VARIABLES DE PRODUCCION	14006.
VARIABLES DE SUMINISTRO	0.
 SUBTOTAL	 228079.

C. VALOR NETO (A-B) 565338.  
TASA INTERNA DE RETORNO = 36.99

COSTO INCREMENTAL PROMEDIO (UM/M3) = 3491.9