



Gobierno de Reconciliación  
y Unidad Nacional

*El Pueblo, Presidente!*

# Metodología de Preinversión para Proyectos de Agua y Saneamiento



Ministerio de Hacienda y Crédito Público  
Dirección General de Inversiones Públicas





Ivania Portocarrero Argüello  
**Directora General**

Róger Vega Rodríguez  
**Director de Preinversión**  
**Coordinador Técnico de la Metodología**

Martha Prado Rosales  
**Especialista de Preinversión**  
**Revisión Técnica de la Metodología**

*Disponible en [www.snip.gob.ni](http://www.snip.gob.ni)*



## Siglas

ANC	Agua No Contabilizada
CAPS	Comité de Agua Potable y Saneamiento
CE	Costo-Efectividad
CM	Captación de Manantial
CMD	Consumo Máximo Día
CMH	Consumo Máximo Hora
CPDT	Consumo Promedio Diario Total
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DGIP	Dirección General de Inversiones Públicas
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado
FISE	Fondo de Inversión Social de Emergencia
I(C/E)	Indicador Costo-Efectividad
INAA	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
INIDE	Instituto Nacional de información y Desarrollo
Lps	Litros por segundo
MABE	Miniacueducto por Bombeo Eléctrico
MAG	Miniacueducto por Gravedad
O&M	Operación y Mantenimiento
PEM	Pozo Excavado a Mano
PGC	Proyecto Guiado por la Comunidad
PNDH	Plan Nacional de Desarrollo Humano
PP	Pozo Perforado
SNIP	Sistema Nacional de Inversiones Públicas
TIR	Tasa Interna de Retorno
TSD	Tasa Social de Descuento
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
VACS	Valor Actual de los Costos
VAE	Valor Anual Equivalente
VAI	Valor Actual del Indicador
VAN	Valor Actual Neto

## **Presentación**

La Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP), del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP), rector del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), ha publicado la Metodología General para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública a nivel de perfil, junto con ella la Metodología de Preinversión de Proyectos de Agua y Saneamiento. Esta Metodología tiene el propósito de aportar a la mejora de la calidad y sostenibilidad de las inversiones en agua y saneamiento, para que contribuyan de forma contundente al desarrollo y bienestar común de la población, especialmente la más vulnerable.

La Metodología de Preinversión de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento organiza el proceso de preparar y evaluar un proyecto en tres módulos o capítulos. El primero, de Identificación, incluye tres diagnósticos a ser realizados para poder precisar el problema que se pretende resolver con el proyecto, estos son: (i) diagnóstico del área de influencia, (ii) diagnóstico del servicio y (iii) diagnóstico de los involucrados. Todos deben ser realizados con intensa participación de los involucrados e interesados en el proyecto.

El segundo capítulo de la Metodología es la Preparación o Formulación del proyecto, que inicia con el análisis de demanda, continua con el análisis de oferta, a efectos de precisar la brecha que el proyecto atendería, de forma total o parcial. Luego orienta sobre las consideraciones y análisis del tamaño, localización, y tecnología del proyecto. Se ha procurado que la explicación retome ejemplos prácticos, y que la argumentación misma sea sencilla a fin de establecer con claridad lo que se espera sea analizado y tomado en cuenta en el momento de decidir los aspectos técnicos del proyecto. Este capítulo aborda la estimación de costos del proyecto, gastos de operación y mantenimiento, aspectos legales y organizativos, e incluso ambientales, que incidan en sus costos y beneficios.

Finalmente, el tercer capítulo de la metodología está destinado a la Evaluación del Proyecto, en la cual se exponen en detalle la forma de medir y valorar los beneficios de proyectos de agua y saneamiento.

Se espera que esta metodología se convierta en el documento de consulta de todos los funcionarios públicos responsables de preparar y evaluar proyectos de agua y saneamiento, de aquellos que por primera vez enfrenten esta tarea, así como de estudiantes, docentes universitarios, investigadores, y todo aquel que quiera una pauta a seguir para llevar adelante una formulación y evaluación con calidad.

Ivania Portocarrero Argüello  
Directora General

## Definiciones

**Aguas residuales:** Desecho líquido constituido por aguas domésticas e industriales y aguas de infiltración.

**Aguas domésticas:** Desecho líquido resultante de los hábitos higiénicos del hombre en actividades domésticas.

**Agua cruda:** Agua no sometida al proceso de tratamiento.

**Caudal:** Volumen expresado en litros por segundo (lps) para el cual es diseñada la unidad.

**Desarenador:** Tiene por objeto separar del agua cruda arena y partículas en suspensión gruesa.

**Desinfección:** Proceso que consiste en eliminar los micro-organismos patógenos que pueden estar presentes en el agua, mediante el uso de equipos especiales o sustancias químicas.

**Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento

**Filtro:** Elemento que, interpuesto en un flujo, permite eliminar parte de los elementos de ese flujo, normalmente elementos no deseados.

**Galería de Infiltración:** Captación del agua infiltrada mediante tuberías perforadas colocadas en los lechos de los ríos.

**Sedimentador:** La sedimentación es un proceso físico que permite reducir el contenido de sólidos suspendidos presentes en el agua.

**Ramal condominial:** Tubería que recolecta aguas residuales de un conjunto de edificaciones que descarga a la red pública en un punto.

**Tratamiento primario:** Es un proceso de decantación de los sólidos en suspensión, entre los decantadores utilizados son Fosa Séptica y Tanque Imhoff.

**Pretratamiento:** Se consideran aquellos procesos que se sitúan en cabecera para eliminar residuos sólidos, arenas y grasas, como son el desbaste (rejas), desarenado y desengrasado.

## Índice

Presentación.....	4
I. Aspectos generales.....	11
II. Agua potable y saneamiento urbano.....	13
A. Elementos que componen un sistema de abastecimiento de Agua potable .....	13
1. Fuentes de Abastecimiento.....	14
2. Obras de Captación .....	14
3. Línea de Conducción .....	15
4. Tanque de Almacenamiento .....	16
5. Estación de Bombeo.....	17
6. Tratamiento.....	18
7. Red de Distribución .....	18
8. Conexiones domiciliarias.....	18
9. Obras complementarias .....	18
B. Sistemas convencionales de Abastecimiento de Agua .....	19
Figura 6. Esquema de sistema de Agua potable .....	19
1. Sistemas por gravedad.....	20
2. Sistemas por bombeo.....	21
C. Saneamiento Urbano .....	23
1. Alcantarillado Sanitario .....	24
2. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de origen doméstico .....	27
III. Agua potable y saneamiento rural.....	31
A. Agua potable en el sector rural.....	31
1. Captación de Manantiales.....	31
2. Mini acueductos por Bombeo Eléctrico (MABE) .....	32
3. Pozos con bombas manuales .....	33
4. Captación de aguas de lluvia .....	34
5. Filtros de mesa .....	34
B. Saneamiento Rural.....	34
1. Tipos de letrinas .....	34
2. Selección de letrinas sanitarias .....	38

Parte 2 Identificación del Proyecto .....	40
I. Identificación del Proyecto.....	41
A. Importancia de la adecuada identificación del problema .....	41
B. Diagnóstico de la situación actual.....	42
1. Diagnóstico del área de influencia .....	42
2. Diagnóstico de los involucrados.....	43
3. Diagnóstico del servicio.....	44
C. Definición del problema: causas y efectos.....	45
1. Definición del problema central.....	47
2. Análisis de las causas.....	48
3. Análisis de los efectos .....	51
D. Objetivo del proyecto: medios y fines .....	53
1. Definición del objetivo central .....	53
2. Análisis de medios del proyecto.....	54
3. Análisis de fines del proyecto.....	56
E. Alternativas de solución .....	56
1. Identificación de las acciones.....	56
2. Planteamiento de alternativas .....	59
Parte 3 Formulación del Proyecto.....	61
I. Análisis de la demanda.....	62
A. Proyección de la población .....	62
C. Densidad por lote (vivienda) y Cobertura de agua potable .....	62
D. Dotaciones para el sector rural.....	64
E. Dotaciones en el sector Urbano .....	64
F. Factores que afectan el Consumo de Agua .....	65
1. Tipos de comunidad .....	65
2. Factores económicos-sociales.....	66
3. Factores meteorológicos.....	66
4. Tamaño de la comunidad.....	66
5. Otros factores.....	66
G. Consumo Doméstico y otros tipos de consumo .....	66
H. Variaciones de consumo .....	68



I. Demanda de obras de saneamiento .....	70
II. Análisis de la oferta .....	71
A. Cuantificar el caudal disponible en la fuente.....	71
B. Capacidades de diseño y operativa de los componentes de agua potable .....	71
C. Oferta de Saneamiento .....	72
D. Optimización de la infraestructura .....	73
III. Balance de Oferta y Demanda.....	73
V. Alternativas de solución.....	74
VI. Presupuesto de costos y cronograma de ejecución .....	75
VI. Estrategia de ejecución: participación y organización.....	75
<b>Parte 4 Evaluación del Proyecto .....</b>	<b>77</b>
I. Aspectos generales.....	78
II. Instalación del servicio de agua potable .....	79
A. Comentarios iniciales .....	79
B. Metodología de evaluación.....	80
III. Ampliación del servicio de agua potable.....	82
A. Comentarios iniciales .....	82
B. La Tarificación .....	83
1. Tarificación a costo marginal de corto plazo.....	84
2. Tarificación a costo marginal de largo plazo .....	85
C. Metodología de evaluación.....	87
IV. Mejoramiento del servicio de agua potable .....	89
A. Comentarios iniciales .....	89
B. Metodología de evaluación.....	90
V. Evaluación de los Proyectos de Saneamiento.....	91
VI. Caso práctico: mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable en Rivas.....	93
A. Situación ‘sin proyecto’ .....	93
B. Situación ‘con proyecto’.....	97
C. Evaluación del proyecto .....	100
VI. Caso práctico: Saneamiento de la localidad de Mulukuku-Municipio de Rio Blanco, Departamento de Matagalpa.....	106
A. Situación ‘sin proyecto’ .....	106

B. Situación con Proyecto..... 106

C. Evaluación del Proyecto ..... 107

# Parte 1

## **Descripción técnica de los sistemas de agua potable y saneamiento**

## **I. Aspectos generales**

El agua es crucial para la existencia de todas las formas de vida de nuestro planeta. Su importancia se refleja en el contraste que existe entre las zonas desérticas y las áreas tropicales que reciben las mayores precipitaciones pluviales. Del total de recursos hídricos de la tierra, aproximadamente el 97.5 % es agua salada y del 2.5 % restante es agua dulce. El 70 % del volumen de agua dulce está congelado en los casquetes polares. Para uso humano directo se puede tener fácil acceso a menos del 1% del agua dulce a nivel mundial.

Las civilizaciones surgieron y prosperaron en lugares donde había agua. Pese a los adelantos tecnológicos, todavía dependemos excesivamente de un abastecimiento abundante de agua apta para el consumo. A medida que las sociedades modernas se han vuelto más complejas, así también se ha complicado el uso del agua. Como resultado de ello, los actores principales representados por la población en general, el sector agropecuario y la industria compiten más que nunca entre sí por el uso del recurso agua y producen más desechos líquidos. La eliminación y disposición adecuada de estos últimos es objeto de lo que se denomina como “Saneamiento”, que tiene gran impacto en la vida humana.

Dado que el consumo de agua potable y el saneamiento están íntimamente ligados, en la provisión de estos servicios intervienen una serie de variables y factores relacionados, dentro de los cuales se cuentan: el crecimiento de la población y su distribución territorial; los aspectos tecnológicos involucrados en el aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos; la organización del Sector de Agua y Saneamiento y los recursos financieros disponibles.

Datos del Censo del 2005 muestran que la población de Nicaragua ascendió a 5.2 millones de habitantes. Unos 2.9 millones de personas, que representan el 57% de la población

total, residen en ciudades y localidades urbanas, mientras que 2.3 millones, equivalentes al 43% se localizan en las áreas rurales.

A nivel nacional, se estima que 3.6 millones de personas cuentan con servicio de agua potable y determinan una cobertura general del 70%. En las ciudades y localidades urbanas se encuentran servidos directamente un número de 2.6 millones y en el sector rural, más de un millón de personas tienen servicio. En las localidades urbanas, el acceso al servicio se efectúa mediante conexiones domiciliarias, mientras que en las áreas rurales generalmente se utilizan fuentes públicas y conexiones de patio.

La distribución territorial del servicio revela grandes diferencias en la población servida con agua por zona, teniendo la Zona del Pacífico el 82% del total, la Región Central y Norte con el 67% y la Zona del Atlántico con tan solo el 23%.

La mayoría de los sistemas de agua potable existentes en localidades urbanas y rurales concentradas forman parte del patrimonio de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL), quien tiene bajo su tutela 147 acueductos que dan servicio a unas 161 ciudades y localidades. Por otra parte, se tiene que aproximadamente 30 sistemas de agua potable, ubicados principalmente en la parte Norte del territorio nacional, son administrados por las respectivas alcaldías. En el sector rural disperso un número de aproximadamente 5,000 obras de agua están a cargo de las comunidades que sirven. Las obras incluyen variados tipos de sistemas desde pequeños acueductos por bombeo eléctrico y por gravedad, captaciones de manantial, pozos perforados y excavados a mano.

La mayor parte del agua consumida proviene de las fuentes de agua subterráneas, dado que las condiciones hidrogeológicas del país han favorecido hasta hoy su explotación. A mediano y largo plazo se prevé una mayor utilización de las aguas superficiales para

satisfacer el consumo de la población de la Zona Central y Norte, Zona Atlántica, Managua y sus alrededores.

El servicio de alcantarillado sanitario está disponible en 27 ciudades o localidades, que beneficia a 1.1 millón de personas, que representan el 30% de la población urbana. En el medio rural existen grandes limitaciones de medios adecuados para la disposición de excretas, estimándose que la cobertura de saneamiento obtiene un valor similar a la cobertura de agua potable.

## **II. Agua potable y saneamiento urbano**

Los abastecimientos de agua y eliminación adecuada de las aguas servidas son, sin duda, necesidades básicas y componentes esenciales de la atención primaria de la salud. Ellos pueden ayudar a reducir muchas de las enfermedades que afectan a las poblaciones menos privilegiadas, especialmente aquellas que viven en áreas rurales y urbanas marginales.

### ***A. Elementos que componen un sistema de abastecimiento de Agua potable***

En términos generales podemos considerar los elementos característicos de diseño y construcción de un sistema de abastecimiento de agua como:

- a) Fuente de abastecimiento
- b) Obra de captación
- c) Estación de Bombeo
- d) Línea de conducción por gravedad y con bombeo (impulsión)
- e) Tanque de almacenamiento
- f) Plantas de tratamiento de agua potable
- g) Redes de distribución
- h) Conexiones domiciliarias
- i) Obras complementarias: Rompe cargas, desarenadores, válvulas, etc.

## 1. Fuentes de Abastecimiento

Constituye la parte más importante del acueducto y no debe ni puede concebirse un buen proyecto si previamente no hemos definido y garantizado fuentes capaces para abastecer a la población futura de diseño en cantidad y calidad.

En la selección de la fuente juega un papel importante los datos o registros hidrológicos, pero es evidente que para poder garantizar un servicio continuo y eficiente es necesario que el proyecto contemple una fuente capaz de suplir el agua para el día más crítico (Día de Máximo Consumo).

De acuerdo a la forma de aprovechamiento, se consideran dos tipos principales:

- Aguas Superficiales: Ríos, lagos, lagunas, lluvia, manantiales, etc. Ver Figura 1.
- Aguas Subterráneas: Acuíferos Subterráneos o Sub superficiales. Ver Figura 2.



Figura 1. Aguas superficiales

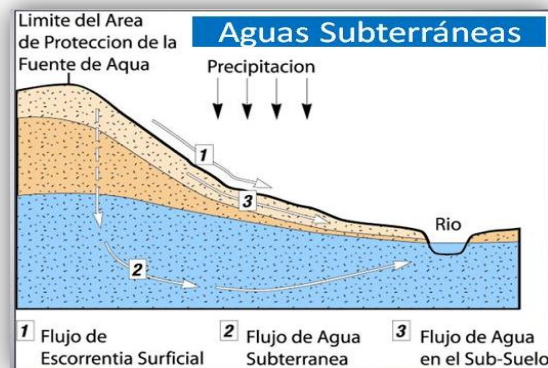


Figura 2. Aguas Subterráneas

## 2. Obras de Captación

La obra de captación consiste de una estructura colocada directamente en la fuente de abastecimiento a fin de captar el caudal deseado. Su diseño depende del tipo de fuente de abastecimiento seleccionado y sus características.

**Para fuentes superficiales** con o sin regulación de caudales se diseñan represas, diques tomas, bocatomas laterales, bocatomas de fondo, captaciones de agua de lluvia.

**Para fuentes subterráneas** la obra de captación la constituyen el pozo perforado y sus estructuras o el pozo excavado a mano y galerías de infiltración en el caso de las aguas sub superficiales.

### 3. Línea de Conducción

Definida como la tubería que conduce el agua desde la obra de captación hasta el tanque de almacenamiento, debe satisfacer condiciones para el día de máximo consumo, garantizando de esta manera la eficiencia del sistema. El tipo de línea de conducción a diseñar depende de las condiciones topográficas del área de captación con respecto a la ubicación del tanque de almacenamiento:

- Si la obra de captación se encuentra en una zona topográficamente más alta que el tanque de almacenamiento, se diseña una línea de conducción por gravedad, ubicando a lo largo de ésta, accesorios especiales para disipar la carga de presión, bolsas de aire en las tuberías, válvulas de limpieza, etc. Ver Figura 3

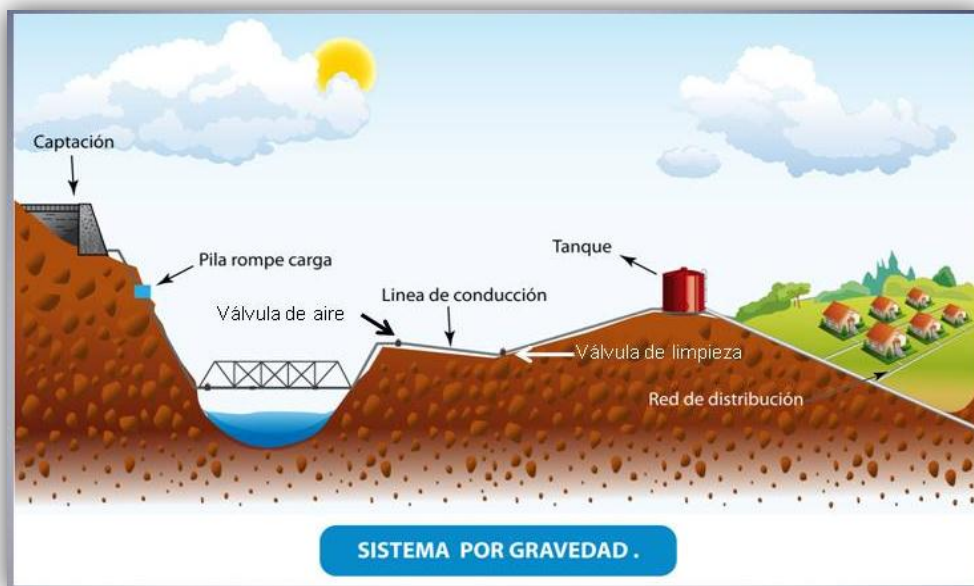


Figura 3. Esquema de sistema de Agua por Gravedad



- Si la obra de captación se encuentra en una zona topográficamente más baja que el tanque de almacenamiento, se diseña una línea de conducción por bombeo, para la selección del diámetro de este tipo de línea se realiza un análisis técnico-económico más cuidadoso que para el de las líneas por gravedad. Ver Figura 4.



*Figura 4. Esquema de Sistema de Agua potable por bombeo*

#### *4. Tanque de Almacenamiento*

Generalmente es el elemento intermedio entre la fuente y la red de distribución. De su funcionamiento depende en gran parte el que pueda proyectarse un servicio continuo a la comunidad.

El tanque tiene funciones de almacenaje y de compensador de variaciones de los consumos. Existiendo variaciones de consumo para las diferentes horas de un día cualquiera, la tubería que suministra agua a las edificaciones (red) debe ser capaz de conducir el máximo consumo que una determinada zona demande en cualquier instante. Ello se transmitirá a toda la red y llegaría al tanque, el cual actuará como amortiguador (compensador) de estas variaciones horarias. Ver Figura 5 los tipos de estructuras de almacenamiento



*Figura 5. Tipos de tanques de almacenamiento*

### 5. Estación de Bombeo

En los sistemas de abastecimiento de agua puede requerirse del diseño de estaciones de bombeo o de rebombeo, lo cual precisa del conocimiento de ciertos datos específicos para la mejor selección de los equipos necesarios.

Se consideran como estaciones de bombeo aquellas que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la elevan al tanque de almacenamiento, a una estación de rebombeo o a la red de distribución.

Para el diseño de la una estación de bombeo se consideran los siguientes aspectos:

- El equipo de bombeo.
- Los accesorios complementarios.
- Las edificaciones y las fundaciones.

## *6. Tratamiento*

Cuando el agua captada no cumple con las normas de calidad, se deberá considerar un sistema de desinfección apropiado, que garantice la calidad bacteriológica del agua para consumo humano. Generalmente se realiza aplicación de cloro.

En caso que la fuente de abastecimiento de agua no se ajuste a las normas de calidad de agua cruda requeridas, es necesario un proceso de tratamiento de depuración ya sea por filtración lenta, que consiste en hacerla pasar por un lecho de arena en forma descendente o ascendente y a muy baja velocidad; o filtración rápida que conlleva los pasos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y finalmente un proceso de desinfección que elimine la contaminación bacteriológica.

## *7. Red de Distribución*

La red de distribución tiene como objetivo repartir el agua en los volúmenes y presiones adecuadas a los distintos sectores de la comunidad.

Para el diseño de la red es necesario definir la fuente de abastecimiento y la ubicación tentativa del tanque del almacenamiento. La importancia en esta determinación radica en poder asegurar a la población el suministro eficiente y continuo de agua en cantidad y presiones adecuadas durante todo el período de diseño.

## *8. Conexiones domiciliarias*

Para el proyecto, la conexión domiciliar comprende desde el empalme de la tubería matriz o red de distribución hasta el punto de entrega al usuario que corresponde al medidor domiciliar instalado fuera o dentro de la línea de la propiedad del beneficiario.

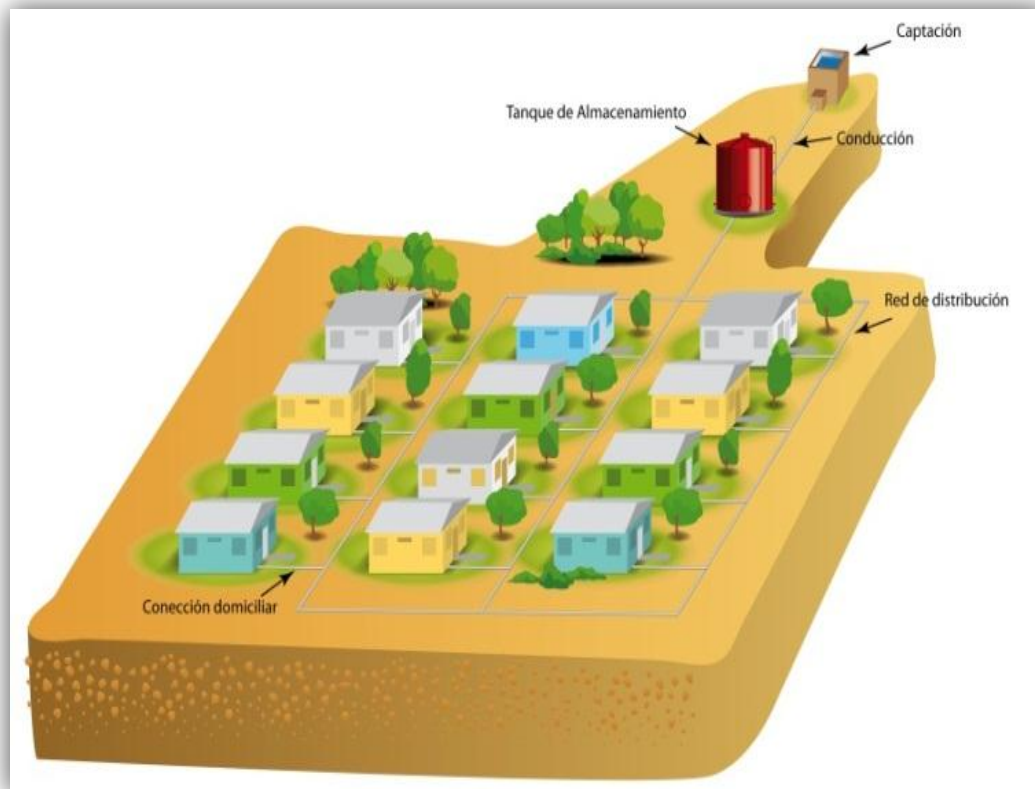
## *9. Obras complementarias*

Las obras complementarias de un sistema de agua potable se concretizan en conectores instalados en la línea de conducción y red de distribución, con el objetivo de una mayor eficiencia operativa

del acueducto que comprenden: válvulas reguladoras de presión, válvulas de aire, válvulas de limpieza, válvulas de pase, etc.

### ***B. Sistemas convencionales de Abastecimiento de Agua***

Son aquellos que brindan un servicio público de abastecimiento de agua mediante conexiones domiciliarias y/o puestos públicos, empleando un sistema de distribución de agua a través de redes. Conformado por uno o más de los componentes siguientes: captación, línea de conducción, línea de impulsión, planta de tratamiento, estación de bombeo, reservorio, línea de aducción, red de distribución, conexiones domiciliarias y piletas públicas. Ver Figura 6.



*Figura 6. Esquema de sistema de Agua potable*

## *1. Sistemas por gravedad*

### a) Sin tratamiento

Son sistemas cuyas fuentes son aguas subterráneas o subálveas. Las primeras afloran a la superficie del terreno bajo la forma de manantiales, y las segundas son captadas por medio de galerías filtrantes.

La particularidad de este tipo de sistema de abastecimiento radica en la captación, que para casos de manantiales puede ser de ladera o de fondo, y para galerías filtrantes por drenes sub superficiales.

Estos sistemas tienen como ventajas, proporcionar agua segura a la población, sus costos de operación y mantenimiento son mínimos, no requiere de energía adicional o externa para su funcionamiento. Generalmente implican menores costos de inversión, bajas cuotas familiares por el servicio, alta confiabilidad del sistema, no requieren de tratamiento y bajo o nulo contenido de coliformes. La desventaja es que el origen del agua puede contener un alto contenido de sales disueltas u otros compuestos químicos.

### b) Con tratamiento

Las fuentes de estos sistemas son aguas superficiales que discurren por canales, acequias, ríos, etc.; y por tanto requieren ser tratadas. Estos tipos de sistemas están equipados con plantas de tratamiento, diseñadas en función de la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda y del caudal requerido.

Las ventajas de este sistema de abastecimiento, es que no requiere de energía adicional externa para su funcionamiento y proporciona agua segura a la población.

Sin embargo, se requiere de personal capacitado para operar y mantener la planta de tratamiento, mayores costos de inversión por las estructuras de tratamiento, mayor costo de O&M que los sistemas sin tratamiento, que inciden en la cuota familiar más elevada. Si

la operación y mantenimiento es deficiente, puede ser un medio de transmisión de enfermedades. Ver Figura 7.



*Figura 7. Sistema por gravedad con planta potabilizadora*

## 2. Sistemas por bombeo

### a) Sin tratamiento

Son sistemas cuyas fuentes de aguas subterráneas o subálveas afloran o se encuentran por debajo de la cota mínima de abastecimiento de la localidad a ser servida, demandando algún tipo de equipo electromecánico para impulsar el agua hasta el nivel donde pueda atender a la comunidad. Ver Figura 8.



*Figura 8. Sistema de agua con bombeo sólo desinfección*

Este sistema presenta un menor riesgo a contraer enfermedades con el consumo del agua, por mejor calidad de la fuente, proporcionando agua segura a la población.

Sin embargo, requiere de personal capacitado para operar y mantener el sistema, elevada inversión para su implementación, las cuotas familiares del servicio son elevadas, debido a los mayores costos de O&M y muchas veces el servicio se vuelve discontinuo a causa de la morosidad.

b) Con tratamiento

Son sistemas cuyas fuentes de agua son superficiales y están ubicadas por debajo del nivel de las localidades a ser atendidas, y por tanto requieren de estaciones de bombeo para impulsar el agua hasta el nivel donde pueda atender a la comunidad, y de plantas de tratamiento, para el acondicionamiento de las aguas crudas para consumo humano. Ver Figura 9.



Figura 9. Sistema de abastecimiento con bombeo y planta potabilizadora

La ventaja principal es que este tipo de sistemas proporcionan agua segura a la población; con las desventajas que requiere de personal capacitado para operar y mantener la planta de tratamiento y el sistema de bombeo. Además requiere de mayores costos de inversión y de operación y mantenimiento que otros sistemas convencionales. Las cuotas familiares por el servicio, son las más altas entre los diferentes sistemas convencionales de abastecimiento de agua. Muchas veces el servicio se vuelve discontinuo a causa de la morosidad. Son sistemas convencionales de mayor complejidad.

### **C. Saneamiento Urbano**

Por la concentración de la población en los sectores urbanos, los sistemas de recolección y tratamiento de las aguas servidas se implementan en sistemas de alcantarillado y de tratamiento tipo colectivos. Los sistemas de alcantarillado se componen de tuberías de diferentes diámetros y materiales, los cuales están en función de los caudales a conducir y



el tipo de terreno en que se instalarán las tuberías. En cuanto a los tipos de tratamiento para purificar las aguas servidas de origen doméstico y mitigar su vertido al ambiente, se realiza por procesos anaeróbicos y aeróbicos y/o la combinación de ambos. Cabe señalar que todos los procesos tienen una condición previa obligatoria de pre tratamiento que consiste en la instalación de rejjas, desarenadores y trampas de grasa, si lo ameritan, y medidores de caudal.

### 1. Alcantarillado Sanitario

Un sistema de alcantarillado está constituido por un conjunto de tuberías, instalaciones y equipos destinados a coleccionar y transportar aguas residuales y/o aguas de lluvia a un sitio final conveniente, de forma continua y segura para el medio ambiente. Ver Figura 10.

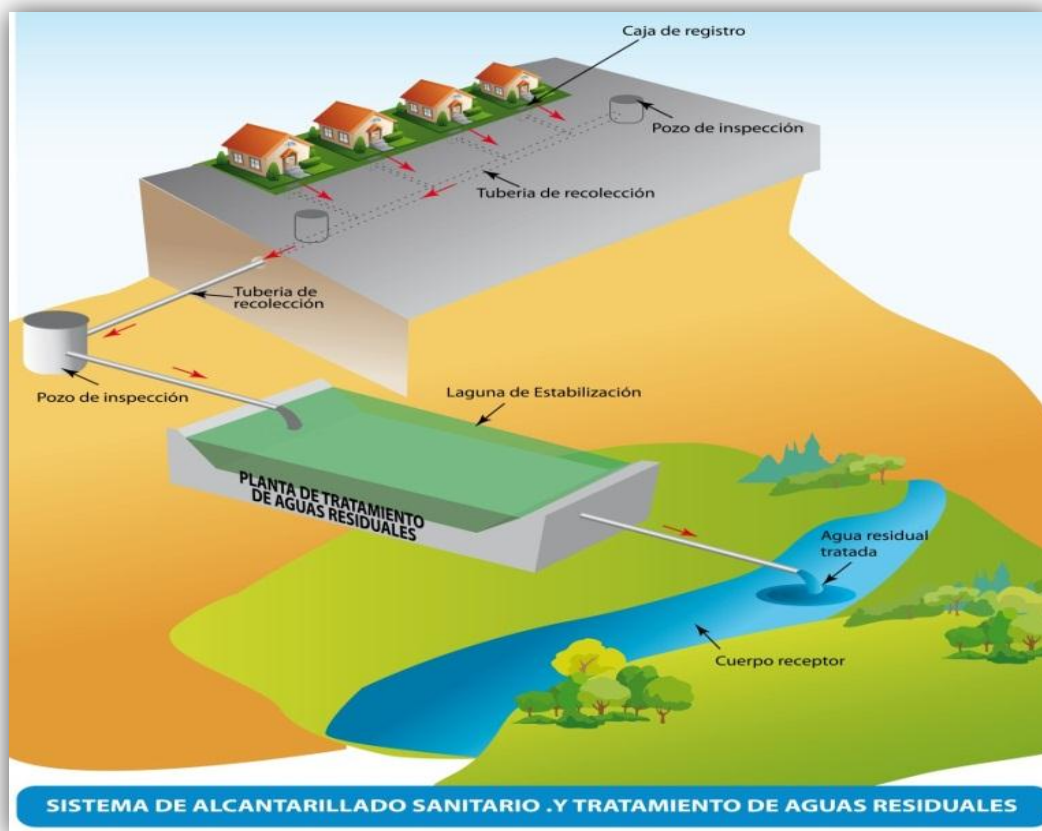


Figura 10. Esquema de recolección y tratamiento de aguas servidas

### *i. Tipos de redes de Alcantarillado Sanitario*

**Alcantarillado Convencional:** Conducto de servicio público cerrado, destinado a recolectar y transportar aguas residuales que fluyen por gravedad libremente bajo condiciones normales.

**Alcantarillado Simplificado:** Sistema de alcantarillado sanitario destinado a transportar y recolectar aguas residuales, utilizando redes de escasa profundidad que parten de las instalaciones sanitarias del lote y que son diseñadas bajo el criterio de simplificación y minimización de materiales y criterios constructivos.

**Alcantarillado Condominial:** Sistema de alcantarillado sanitario destinado a recolectar y transportar aguas residuales utilizando el ramal condominial como unidad básica de conexión.

**Alcantarillado sanitario de pequeño diámetro:** Sistema de alcantarillado sanitario destinado a transportar y recolectar aguas residuales previamente sedimentadas en un tanque interceptor, el cual es dispuesto entre la conexión domiciliar y las redes de alcantarillado.

### *ii. Componentes generales de un Sistema de Alcantarillado Sanitario*

**Los componentes generales de un Sistema de Alcantarillado Sanitario son los siguientes:**

- a) Instalación sanitaria domiciliaria:** Es el conjunto de tuberías de agua potable, alcantarillado, accesorios y artefactos sanitarios, que se encuentran dentro del límite de una propiedad privada.
- b) Tubería de conexión domiciliaria:** Es el colector particular o secundario, que conduce las aguas residuales de una propiedad privada, hasta la red de alcantarillado sanitario.
- c) Colectores principales:** Son las tuberías, que reciben las aguas residuales provenientes de los colectores secundarios de nivel domiciliar.

- d) **Cámara de inspección:** Es el pozo de visita construido en la intersección de dos o más colectores principales, con acceso, a través de una abertura en su parte superior, y cubierta por una tapa a nivel (rasante) de la calle. La cámara, tiene el objeto de permitir la inspección y la realización de las tareas de limpieza y mantenimiento.
- e) **Terminal de limpieza:** Es la prolongación del colector principal en forma vertical, que permite efectuar la limpieza en los tramos de arranque de la red.
- f) **Tubo de inspección y limpieza:** Tubo vertical conectado a los colectores principales, que permite la inspección e introducción de las herramientas o equipos de limpieza, puede estar instalado en cualquier punto de la red, en algunos casos remplazando las cámaras de inspección, generalmente en tramos rectos extensos.
- g) **Caja de paso:** Es una cámara sin acceso, localizada en puntos singulares de la red por necesidad constructiva.
- h) **Sifón Invertido:** Estructura construida con uno o más colectores principales que trabajan a presión.
- i) **Interceptor:** También denominado lector que recibe la contribución de varios colectores principales, localizados en forma paralela y a lo largo de las márgenes de quebradas y ríos, o en la parte inferior de la cuenca.
- j) **Emisario:** Colector de mayor diámetro, que recibe la contribución de los interceptores, tiene como origen el punto más bajo de la cuenca y conduce las aguas al punto de descarga hacia el cuerpo receptor, o (en su caso) hacia la planta de depuración. Se caracteriza porque a lo largo de su desarrollo no recibe contribución alguna.
- k) **Estación elevadora:** Cárcamo de bombeo de aguas residuales que incluye rejillas de retención de basuras o material grueso, compuertas, bombas tuberías.

## *2. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de origen doméstico*

### *i. Objetivos del Tratamiento de las aguas residuales*

Reducción de la eutrofización en cuerpos de agua,(remoción de materia orgánica, sólidos y nutrientes), protección de la vida acuática, reducción de la velocidad de salinización de suelos al eliminarse el riego con aguas residuales sin tratar, prevención de la contaminación de aguas subterráneas, protección a la salud pública, y rehúso del agua tratada.

### *ii. Tipos de procesos de Plantas de Tratamiento*

El agua residual cruda es putrescible, de malos olores, ofensiva y un riesgo para la salud y el ambiente; por consiguiente, el objetivo básico del tratamiento de las mismas es proteger la salud y el bienestar de los individuos miembros de la sociedad, mediante los procesos que se indican más adelante.

Antes de cualquier proceso que se seleccione para el tratamiento de las aguas residuales éstas deberán ser sometidas a un tratamiento preliminar por medio de rejillas, desarenadores o por cualquier otro dispositivo elegido y posteriormente su caudal medido para ingresar a la unidad de tratamiento.

La selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales, o de la combinación adecuada de ellos, depende principalmente de: las características del agua cruda, la calidad requerida del efluente, la disponibilidad de terreno, los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento, la confiabilidad del sistema de tratamiento.

La mejor opción de tratamiento se selecciona con base en el estudio individual de cada caso, de acuerdo con las eficiencias de remoción requeridas y con los costos de cada una de las posibles alternativas tecnológicas viables.

- Tanque séptico-Filtro anaeróbico de flujo ascendente

- Tanque Imhoff
- Humedales (Wetlands) o Biofiltros
- Infiltración
- Lodos Activados
- Filtros percoladores
- Lagunas de Estabilización
- Reactores UASB

**a) Tanque séptico-Filtro anaeróbico de flujo ascendente**

El sistema de tanque séptico seguido de filtro anaeróbico de flujo ascendente, se usa para tratar aguas servidas de pequeñas comunidades, obteniéndose resultados satisfactorios.

**b) Tanque Imhoff**

El tanque Imhoff es un sistema de tratamiento anaerobio de dos pisos, en el que la sedimentación se produce en el compartimiento superior y la digestión de los sólidos sedimentados en el inferior.

**c) Humedales (Wetlands)-Biofiltros**

Los humedales, naturales o artificiales, son sistemas de tratamiento acuático en los cuales se usan plantas y animales para el tratamiento de aguas residuales. Los humedales artificiales son de superficie libre de agua, es decir, con espejo de agua; o de flujo sub superficial sin espejo de agua. Los humedales artificiales se han utilizado en el tratamiento de aguas residuales municipales, para tratamiento de mayor purificación, tratamiento de aguas de irrigación, para tratar lixiviados de rellenos sanitarios, tratamiento de efluentes de tanques sépticos, etc.

**d) Infiltración rápida (IR)**

La infiltración rápida es un método de inundación del suelo, seguido de una infiltración rápida a través del subsuelo. Es una tecnología apropiada para tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales, limitada por las características del suelo, los costos

del terreno y los impactos sobre el agua subterránea. En general, el tratamiento primario, o su equivalente, es el nivel mínimo de pre tratamiento recomendado.

#### **e) Lodos activados**

El proceso de lodos activados y sus varias modificaciones pueden ser usados cuando las aguas residuales puedan responder a un tratamiento biológico. Este proceso requiere atención cuidadosa y una operación con supervisión competente, incluido un control rutinario de laboratorio.

#### **f) Filtros percoladores**

Un filtro percolador consiste en un tanque que contiene un lecho de material grueso, compuesto en la gran mayoría de los casos de materiales sintéticos o piedras de diversas formas, de alta relación área/volumen, sobre el cual son aplicadas las aguas residuales por medio de brazos distribuidores fijos o móviles. Alrededor de este lecho se encuentra adherida una población bacteriana que descompone las aguas residuales a medida que éstas percolan hacia el fondo del tanque. Después de cierto tiempo, la capa bacteriana adquiere un gran espesor y se desprende hidráulicamente del lecho de piedras para pasar luego a un clarificador secundario en donde se efectúa la separación de los lodos formados.

Los filtros pueden ser utilizados en casos donde no se necesite una eficiencia muy alta en la remoción de DBO.

#### **g) Lagunas de estabilización**

El tratamiento de aguas residuales por el método de lagunas de estabilización, es el más simple que existe. Las lagunas están constituidas por excavaciones poco profundas, cercadas por taludes de tierra. Generalmente tienen forma rectangular o cuadrada.

El tratamiento a través de lagunas tiene tres objetivos:

- Remover de las aguas residuales la materia orgánica que ocasiona la contaminación. Eliminar los micro-organismos patógenos que representan un grave peligro para la salud.
- Utilizar su efluente, con otras finalidades, como en agricultura.
- Nicaragua, siendo un país de clima tropical ofrece condiciones favorables para el tratamiento de las aguas residuales mediante procesos naturales, como es el caso de las lagunas de estabilización, lo cual es debido principalmente a la temperatura ambiente.

### ***Tipos de lagunas***

Para el tratamiento de aguas residuales domésticas se deberán considerar los sistemas de lagunas compuestos por unidades anaerobias, aireadas, facultativas y de maduración, en las combinaciones y número de unidades, que sean estrictamente necesarias para obtener los resultados requeridos, a costos razonables.

### ***Localización de lagunas***

La ubicación de un sistema de lagunas debe estar aguas abajo de la cuenca hidrográfica, en un área extensa y fuera de la influencia de cauces sujetos a inundaciones y avenidas. En el caso de no ser posible, deben proyectarse obras de protección. El área debe estar lo más alejada posible de urbanizaciones existentes; se deberán localizar a las siguientes distancias mínimas:

- Para lagunas anaeróbicas 1000 m
- Para lagunas facultativas 500 m
- Para sistemas con lagunas aireadas, 100 m

### **h) Reactores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)-Reactor de Lecho Suspendido**

Existen dos tipos de reactores UASB, según el tipo de biomasa. El primer tipo de reactor se denomina de lodo granular. Como su nombre lo indica, se genera el lodo granular, que por sus buenas características de sedimentación y actividad metanogénica permite altas

cargas orgánicas específicas; el segundo se denomina de lodo floculante, que soporta cargas menores tanto orgánicas como hidráulicas.

### **III. Agua potable y saneamiento rural**

Por lo disperso de las viviendas en las comunidades rurales y poblaciones menores a los 2,000 habitantes, los sistemas de abastecimiento de agua se traducen a mini-acueductos con longitudes y diámetros pequeños en redes y por soluciones familiares y/o multifamiliares. Normalmente demandan el transporte, almacenamiento y desinfección del agua en el nivel intra domiciliario.

Estas opciones técnicas pueden ser:

- ***Captación de manantiales***
- ***Pozos con bombas manuales***
- ***Captación de aguas de lluvia***
- ***Filtros de mesa***

Por lo disperso de las viviendas en el sector rural, las opciones técnicas de disposición sanitaria de excretas se traducen en soluciones familiares, principalmente letrinas, que es necesario tener en cuenta una serie de factores de orden técnico, económico social y cultural para la selección de tecnología más conveniente.

#### **A. Agua potable en el sector rural**

##### ***1. Captación de Manantiales***

Los manantiales son puntos localizados en la corteza terrestre por donde aflora el agua subterránea. Generalmente este tipo de fuentes, sufre variaciones en su producción, asociadas con el régimen de lluvia en la zona. En la mayoría de los casos, es de esperar que el caudal mínimo del manantial coincida con el final del período seco en la zona. Son soluciones de abastecimiento de agua a partir de la captación segura de pequeñas fuentes subterráneas de agua ubicadas en las proximidades de la vivienda o grupo de viviendas. El



punto de abastecimiento puede encontrarse en el lugar donde se ubica la fuente de agua, o ésta puede ser conducida al o los usuarios mediante tuberías de pequeño diámetro.

Los criterios para considerar un manantial como fuente de suministro de agua potable son los siguientes:

a) El dato o datos de aforo, deberán corresponder al final del período seco de la zona y se tomará como base para el diseño, el mínimo valor obtenido.

b) El caudal crítico de producción de la fuente deberá ser mayor o igual al consumo máximo diario de la población al final del período de diseño, de lo contrario se desechará su utilización, o se complementará con otra fuente disponible.

Estas consideraciones son válidas para sistemas tipo Mini acueductos por Gravedad “MAG”, Mini acueductos por Bombeo eléctrico “MABE” y Captación de Manantial “CM”.

## *2. Mini acueductos por Bombeo Eléctrico (MABE)*

Esta opción será considerada solo en los casos en que exista: (1) Disponibilidad de fuente de abastecimiento; (2) Disponibilidad de energía eléctrica y (3) Capacidad de pago de la comunidad. Si no se puede aplicar ésta opción se procurará adoptar cualquiera de los otros tipos de sistemas. Si no existe otra opción técnica y económicamente más aceptable entonces se realizará la perforación de uno o más pozos. Los criterios de aceptación del pozo serán los siguientes:

a) El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba a caudal variable con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba.

b) El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.

- c) El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo máximo día (CMD).
- d) Disposición de la comunidad para operar y mantener el sistema

### *3. Pozos con bombas manuales*

Soluciones compuestas por pozos perforados o excavados manualmente, debidamente protegidos, pudiendo ser del tipo familiar o multifamiliar.

#### *i. Pozos Excavados a Mano –PEM*

Esta opción resulta ser una solución tecnológica bastante apropiada para el suministro de agua para el sector rural disperso. Para garantizar la durabilidad del sistema se deberá cumplir con los siguientes criterios:

- a) Todo pozo excavado a mano “PEM” deberá ser sometido a una prueba de rendimiento, a la capacidad de extracción de la bomba de mano.
- b) Serán considerados solamente aquellos PEM, cuyo nivel estático se encuentre como mínimo 2 m por encima del fondo del pozo; esta medida deberá realizarse al final del periodo de seco de la zona.

#### *ii. Pozo Perforado (PP)*

Esta elección se considerará únicamente si las opciones PEM, MAG Y CM no se pueden aplicar. Corresponde a la utilización de un pozo perforado empleando una bomba manual, en la que el caudal debe ser mayor a la capacidad de extracción de la bomba manual.

El servicio brindado por Pozo Excavado a Mano (PEM) o Pozo Perforado (PP), será equipado con bomba manual, preferiblemente del tipo “mecate”. Su ubicación será tal que quede equidistante de las viviendas y no mayor de 100 m de la más alejada.

#### *4. Captación de aguas de lluvia*

Corresponde a soluciones del tipo unifamiliar o multifamiliar, en donde las aguas de lluvia se captan en los techos de las viviendas y se almacenan en tanques. Para el consumo directo el agua debe ser desinfectada y si las circunstancias lo requieren, previamente debe ser filtrada.

#### *5. Filtros de mesa*

Opción que trata pequeñas cantidades de agua superficial proveniente de ríos, zanjas, etc., con turbiedades menores a 100 UNT y baja carga bacteriológica. Sin embargo, es recomendable que antes del consumo, el agua sea sometida al proceso de desinfección. Normalmente, los filtros de mesa están compuestos por un recipiente que contiene el medio o los dispositivos filtrantes y un tanque de almacenamiento del agua filtrada.

### ***B. Saneamiento Rural***

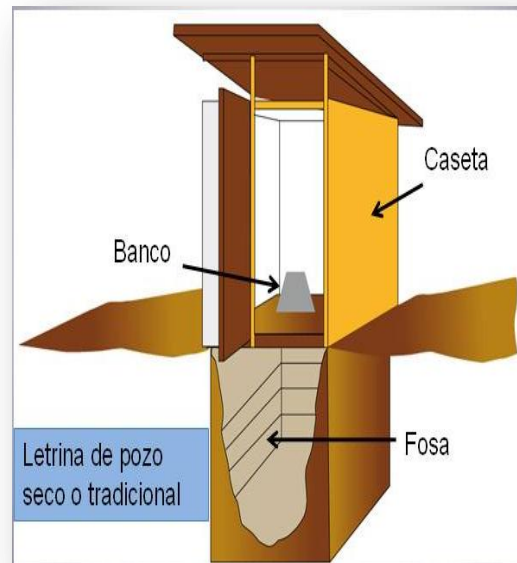
Por lo disperso de las viviendas en las comunidades rurales, la evacuación de las excretas se traduce en sistemas individuales.

#### *1. Tipos de letrinas*

##### *i. Letrina de pozo seco o tradicional*

Compuesta de un espacio destinado al almacenamiento de las heces, del tipo pozo cuando las características del suelo favorezcan su excavación, y del tipo cámara cuando el nivel de las aguas subterráneas es elevado, el suelo subyacente es rocoso el terreno es de difícil excavación. En terrenos inestables o flojos, las paredes verticales del pozo son protegidas con otros materiales para evitar su desmoronamiento.

La losa, que sirve de apoyo a la caseta, cuenta con un orificio que se utiliza para disponer las excretas o para colocar el aparato sanitario. Este orificio o abertura requiere de una tapa para evitar la proliferación de los malos olores y el ingreso de moscas al interior de la caseta o del pozo. Ver Figura 11.



*Figura 11. Letrina de pozo seco o tradicional*

***Las ventajas de este tipo de letrina son:***

- Bajo Costo
- Puede ser construida fácilmente por el usuario
- No necesita agua para funcionar
- Facilidad de uso y mantenimiento

***Su desventaja es:***

- Probabilidad de proliferación de insectos y emanación de olores, si no se tiene tapado el hoyo

***ii. Letrina Pozo seco ventilado (VIP)***

Este tipo de letrina es similar al anterior, con la excepción que la losa lleva un orificio adicional para la ventilación del pozo. De esta manera, las molestias causadas por las

moscas y los olores son reducidos considerablemente a través de la ventilación del pozo. Ver Figura 12.

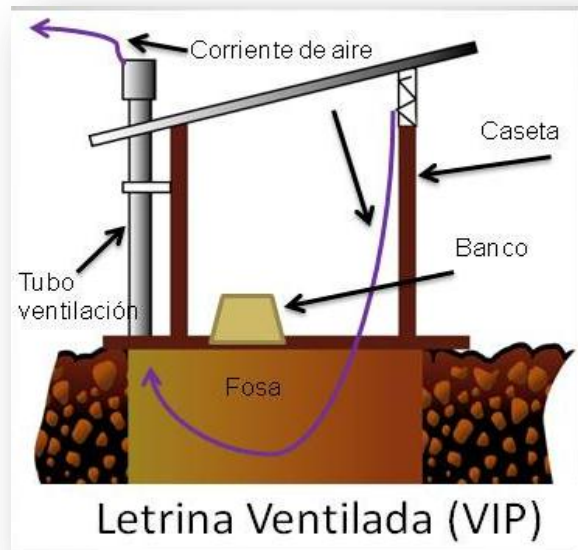


Figura 12. Letrina ventilada

**Sus ventajas son:**

- Bajo Costo
- Puede ser construida fácilmente por el usuario
- No necesita agua para funcionar
- Minimiza la presencia de insectos
- Fácil de usar y mantener

**Sus desventajas:**

- El interior de la caseta debe mantenerse en penumbra
- Ubicación Inadecuada de la tubería de ventilación, perjudica su funcionamiento

*iii. Letrina LASF (Letrinas Abonera Seca Familiar)*

Está compuesta por dos cámaras impermeables e independientes, donde se depositan las heces y se induce el proceso de secado por medio de la adición de tierra, cal o cenizas. Para tal efecto la orina debe ser separada de las heces para minimizar el contenido de humedad y facilitar el deshidratado de las heces. El control de humedad de las heces y su

mezcla periódica permite obtener cada doce meses un compuesto rico en materia orgánica, con muy bajo contenido de micro-organismos patógenos y que se puede utilizar como mejorador de suelos agrícolas, al cabo de ese tiempo.

***Sus ventajas son:***

- Se produce compost útil para la agricultura.
- No necesita agua para funcionar
- La orina diluida puede ser utilizada como fertilizante.

***Sus desventajas:***

- La orina debe ser separada y diluida para su disposición final.
- Es más costosa que la letrina de pozo seco ventilado.
- Después de cada uso es necesario agregar cenizas, tierra seca o material vegetal para mantener seca las heces y minimizar la generación de olores.
- Demanda la mezcla periódica de las heces para acelerar su secado.
- Requiere mayor capacitación para su uso y mantenimiento
- El proceso de compostaje, requiere de ciertos cuidados, herramientas y tiempo de maduración.

***(iv) Taza Rural o ecológica***

Este tipo de letrina es de arrastre hidráulico, no requiere tanque para el descargue, el usuario vierte el agua en la taza para limpiar los excrementos; usualmente son suficientes de 2 a 3 litros por uso. Se utilizan cuando la fuente de agua no es continua. Hay un cierre hidráulico que previene que los olores y las moscas salgan por la tubería.

**Ventajas:**

- El cierre hidráulico previene efectivamente los olores
- Los excrementos de un usuario son arrastrados antes de que llegue el siguiente usuario
- Adecuado para todos los tipos de usuario (asiento, placa turca, lavadores y limpiadores)
- Bajos costos de capital; los costos de operación dependen del precio del agua.

**Desventajas:**

- Requiere una fuente constante de agua (puede ser agua reciclada y/o agua de lluvia recolectada)
- No puede ser construido y/o reparado con materiales disponibles localmente
- Requiere de educación para su correcto uso

**2. Selección de letrinas sanitarias**

La elección de la tecnología apropiada idónea a las condiciones físicas, económicas y culturales de la comunidad se hace mediante un análisis integral de la zona. Una buena elección de la tecnología, además de una buena operación y mantenimiento, hace de ésta la solución ideal a los problemas de saneamiento de la comunidad, sin ser necesaria una alta inversión para su implementación. La secuencia de condiciones a cumplir para cada caso ayuda en gran medida la elección de este sistema, ya que toma en cuenta los puntos más importantes para su elección, como son: situación económica, características del terreno, costumbres y la educación sanitaria que tenga la comunidad. La implementación de una tecnología, muchas veces nueva para personas de áreas rurales en extrema pobreza, va de la mano con la capacitación y evaluación del funcionamiento de cada sistema implantado.

La secuencia de aplicación de los factores económicos, técnicos, y sociales es decisivo para una buena selección; por ello, y luego de un profundo análisis se ha optado por la siguiente secuencia:

- a. Método de limpieza anual
- b. Gastos de inversión y de mantenimiento.
- c. Distancia del pozo de agua a la letrina o pozo de infiltración > 25 m.
- d. Disponibilidad de terreno.
- e. Medios disponibles para vaciar a la fosa.

f. Aprovechamiento de residuos fecales.

g. Aguas subterráneas cerca de la superficie.

h. Tipo de suelo duro (excavación difícil).

i. Tipo de letrina



# Parte 2

## Identificación del Proyecto

Este capítulo es uno de los más importantes del documento de proyecto, y visto como proceso, uno clave en la formulación del proyecto. Se ha dicho que los proyectos tienen su origen en una necesidad, problema u oportunidad, además se estableció que un proyecto es la forma alternativa de contribuir a mejorar la situación problemática, satisfacer la necesidad o aprovechar la oportunidad. En cualquiera de los casos, el proyecto debería dejar a sus beneficiarios en un estado mejor, o con un nivel de bienestar mayor.

También se señaló que en la fase de pre inversión se estudian con distintos niveles de profundidad las alternativas de solución hasta determinar la mejor de todas. Así, un factor esencial para enfrentar un problema acertadamente es definir alternativas y para esto debe tenerse muy en claro cuál es el problema (necesidad) u oportunidad a hacer frente con el proyecto.

## **I. Identificación del Proyecto**

### ***A. Importancia de la adecuada identificación del problema***

No es posible ni recomendable plantear alternativas de solución sólo por la capacidad intuitiva o simples experiencias, debe haber dominio de la situación problemática, apoyándose de una metodología adecuada que facilite el análisis de las causas y efectos, hasta delimitar el problema principal. Conocer en detalle las causas y efectos del problema identificado como principal o focal, establecer los fines perseguidos con la solución del problema y cuáles serán los medios, son actividades indispensables para el establecimiento de alternativas, las cuales deberán luego formularse y evaluarse hasta elegir la más conveniente.

La inadecuada identificación del problema conducirá indudablemente al planteamiento de alternativas de solución incorrectas y peor aún a la realización de proyectos no pertinentes y no eficientes, y que en lugar de aumentar el bienestar lo disminuyen, o en lugar de solucionar el “problema” más bien lo empeoran o crean otro. Los problemas casi siempre son el resultado de la percepción del grupo de interés, y la percepción lamentablemente se asocia con la carencia o falta de algo. Así, es muy probable escuchar que el problema es la falta de colegios, la falta de medicinas, la falta de camiones recolectores de basura. En verdad, que ninguno de ellos es un problema, en sí mismo. La regla es que la falta o carencia de “algo” no es el problema. Así, en una comunidad donde no hay colegios y los niños tienen que caminar 2 km diarios ida y vuelta a otra comunidad para asistir a clases puede ser entendido como un problema. La población de interés vería en la ‘falta del colegio’ el problema. Investigando más se encuentra que sólo el 10% de esos niños termina el año escolar y la tasa de aprobación es del 30%; este es el verdadero problema.

Imagine que se decide construir un colegio que evita que los niños caminen 2 km, pero una vez en funcionamiento de todas maneras sólo el 20% termina el año escolar y el 70%

aprueba. ¿Era entonces la solución acercar el colegio. Debió hacerse un análisis más profundo, para encontrar el problema central, sus causas y efectos, y así establecer objetivos, medios y alternativas de solución adecuadas.

### ***B. Diagnóstico de la situación actual***

Este diagnóstico ha de ser integral y está referido a conocer los grupos involucrados en el proyecto, cantidad y características, el área de influencia, las condiciones de entrega de los bienes y servicios en los que el proyecto intervendrá, medios sustitutos o alternativos empleados por la población beneficiaria. Debe aplicarse un enfoque sistémico para realizar un adecuado diagnóstico situacional.

#### ***1. Diagnóstico del área de influencia***

Han de analizarse las características del área geográfica en que se localiza actualmente la unidad prestadora de servicios (o unidad productiva, si es que existe), y el sitio en que podría localizarse el proyecto; así como el área en que se localiza la población beneficiada (área de influencia). Deben estudiarse aspectos geográficos, físicos, climáticos, económicos, y sociales.

Si el proyecto fuera la construcción de un centro de salud en una comunidad que actualmente no tiene uno, debe incluirse en el análisis la unidad de salud más cercana, puesto que sería la oferta actual disponible para la comunidad demandante.

El análisis del área de influencia debe incorporar ***la identificación de peligros o amenazas existentes, y de reciente ocurrencia***. Siguiendo el ejemplo del centro de salud, este análisis tendría que hacerse tanto para la comunidad demandante, como para la comunidad más cercana, a cuya unidad de salud asiste el grupo de interés del proyecto. La Figura 13 resume los principales elementos del diagnóstico del área de influencia.

**Figura 13**  
**Principales variables del diagnóstico del área de influencia**



## *2. Diagnóstico de los involucrados*

Lo primero es determinar los diferentes grupos sociales afectados por la situación problemática actual; así como los grupos que podrían, eventualmente, verse afectados por el proyecto. El diagnóstico de los involucrados incluye precisar sus principales características demográficas, sociales y económicas; la intensidad con que son afectados actualmente por la situación problemática, y cuánto serían beneficiados por el proyecto una vez esté en operación. Análogamente, deberán caracterizarse los grupos afectados por la ejecución del proyecto. En el proyecto de la construcción de un sistema MABE, un grupo de interés corresponde a la población de la comunidad sin abastecimiento de agua,

que promueve el proyecto porque perciben más costoso<sup>1</sup> ir a acarrear agua al río que obtenerlo directamente en sus viviendas a través del grifo.

Otros proyectos pueden provocar conflictos en el grupo de interés del proyecto. Por ejemplo, un proyecto de saneamiento, que implica la instalación de las tuberías en los patios (o incluso dentro de las casas) con daños a la vivienda. Es importante investigar sobre la aceptación del proyecto, y en caso que haya resistencia, sobre los mecanismos de convencimiento, incluidos los compensatorios, para lograr la incorporación de los propietarios de las viviendas al proyecto.

Los involucrados en el proyecto pueden aportar información valiosa sobre las amenazas o peligros a los que está expuesta el área de influencia, y por lo tanto, el proyecto una vez sea ejecutado.

### *3. Diagnóstico del servicio*

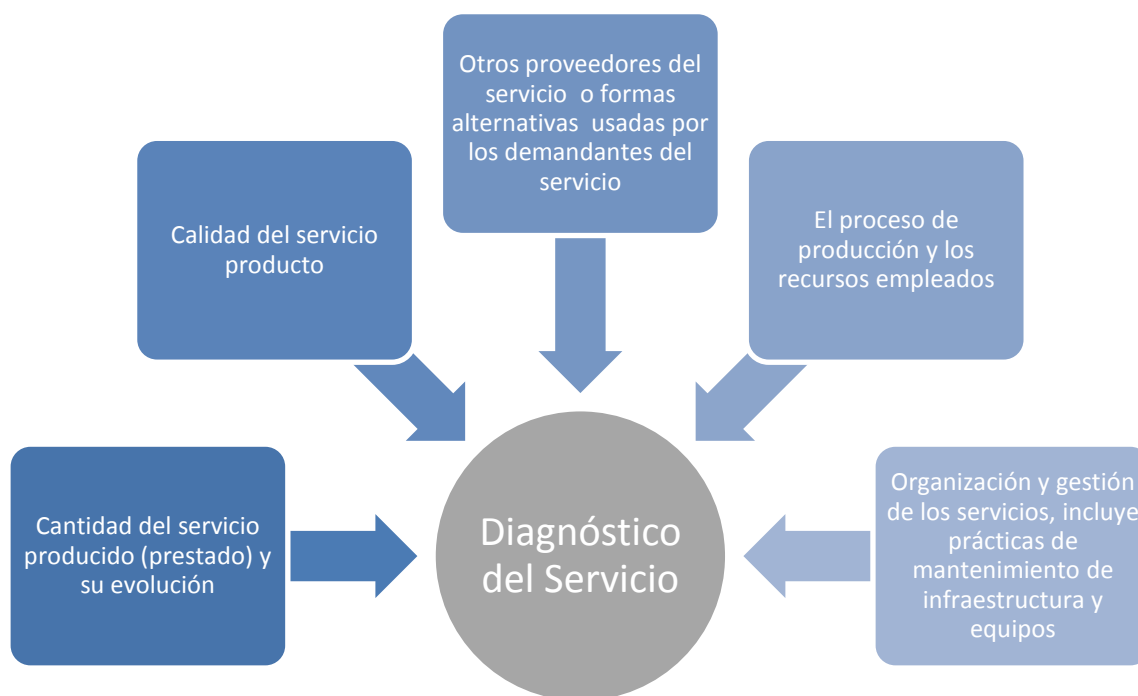
Si el servicio está siendo entregado actualmente deberá explicarse cómo se hace, recursos que participan (humanos, materiales, equipos, infraestructura), la calidad y oportunidad de dicho servicio, nivel de satisfacción de los usuarios del servicio; todo ello con el fin de identificar las causas que han generado el problema que motiva el proyecto.

En caso que el servicio no esté siendo entregado, deberá explicarse las formas alternativas (sustitutas) que emplea la población para satisfacer su demanda actualmente. Si el proyecto fuese sobre suministro de agua potable, y la población actualmente no tiene el servicio, deberá investigarse cómo se abastecen de agua ¿la traen del río?, ¿compran barriles de agua a camiones cisterna?, ¿qué cantidad consumen per cápita (litros por persona)?, ¿a qué costo?. La Figura 14 muestra las principales variables a considerar para el diagnóstico del servicio.

---

<sup>1</sup>Entiéndase por costoso, el tiempo de viaje, el pasaje, incluso las condiciones de salubridad que implica abastecerse de esa forma alternativa. Es decir, todas aquellas condiciones negativas de la forma en que se abastecen actualmente de agua.

Figura 14. Principales Variables del diagnóstico del servicio



### ***C. Definición del problema: causas y efectos***

El diagnóstico de la situación ha permitido comprender de forma objetiva el problema que afecta a la comunidad o pobladores demandantes o interesados en el proyecto. En esta sección se sistematiza (ordena y sintetiza) todo ese conocimiento, de modo de definir precisamente el problema central que se procurará atender con el proyecto, así como sus causas y efectos.

La técnica de construir un árbol de problemas, que consiste en determinar las causas y efectos de un problema central, es una entre muchas existentes, sin embargo, es posiblemente la más usada; pues implica una lógica causal, que típicamente es determinada por los involucrados en la situación problemática. La técnica permite la participación de los posibles beneficiarios del proyecto o bien de sus impulsores.

Durante el proceso de construcción del árbol de problemas se encontrarán muchos problemas, para los cuales será necesario asignarles prioridades, y además establecer sus relaciones causales, esto es, que un problema puede a su vez generar otro; o también habrá problemas independientes. Para facilitar la generación de ideas entorno al análisis de la situación problemática es recomendable que el grupo responsable de éste efectúe una “tormenta de ideas”; además de seguir estos pasos:

- A partir de la manifestación de una situación problemática, analizar e identificar lo que se considere como problemas principales de la situación analizada. Esto debido a la normal existencia de múltiples causas que pueden explicar el problema y los efectos que se derivan de ello.
- Para el análisis se sugiere que a partir de la primera “tormenta de ideas” se establezca cuál es, según el juicio del grupo responsable del análisis, el problema central que afecta a la comunidad o población analizada. Para esto se aplican criterios de prioridad y selectividad.
- Definir los efectos más importantes del problema en cuestión, de esta forma se analiza y establece su importancia. Es decir, se persigue tener el orden y gravedad de las consecuencias que tiene el problema que se ha detectado, lo que demuestra que amerita la búsqueda de soluciones.
- Identificar las causas del problema central detectado, esto es, buscar qué elementos están o podrían estar provocando el problema.
- Una vez que el problema central, las causas y los efectos están identificados se construye el diagrama de efectos y causas asociados al problema.
- Es necesario revisar la validez y adecuación del árbol dibujado, ¡todas las veces que sea conveniente! Esto es, asegurarse que las causas representen causas y los efectos representen efectos, que el problema central esté correctamente definido y que las relaciones causales estén correctamente expresadas.

## 1. Definición del problema central

El problema central es la situación negativa que afecta a un grupo de la comunidad o población interesada por el proyecto. El problema debe ser definido de forma muy clara y precisa, a fin de poder encontrar un conjunto de soluciones o alternativas para reducirlo total o parcialmente.

Recuérdese no confundir el problema con la falta o carencia de algo, no es lo mismo decir “falta un hospital” que “hay elevadas tasas de morbilidad”; o “falta un colegio en la comunidad” que “los niños deben caminar 2 km para asistir al colegio, conllevando baja asistencia y bajas tasas aprobación del año escolar”, “no hay sistema de agua potable”, que decir “el consumo es bajo y la población enferma por la calidad del agua”. La Tabla 1 muestra ejemplos de problemas mal definidos y bien definidos.

Tabla 1. Problemas mal y bien definidos

Problemas	
Mal definido	Bien definido
<ul style="list-style-type: none"><li>Falta de agua potable en los barrios de la zona alta de Managua.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Los barrios de la zona alta de Managua tienen un reducido acceso a agua potable.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>No existe un centro de salud en la comunidad La Esperanza.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Difícil acceso a servicios de salud del primer nivel de atención por parte de la comunidad, que debe trasladarse al centro de salud más cercano localizado a 5 km de ésta; o alternativamente baja cobertura de atención primaria en la comunidad.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>Falta un camino en buen estado.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Camino presenta deterioro profundo de sus elementos estructurales, provocando un crecimiento sistemático de los costos de transporte de la carga y pasajeros.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>Falta un generador eléctrico comunitario.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Limitada (reducida) provisión de energía eléctrica en la comunidad.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>Los productores no tienen semillas para producir.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Reducida capacidad de producción de los productores debido al déficit de insumos agrícolas.</li></ul>



## 2. Análisis de las causas

Una vez que se ha definido el problema central, corresponde preguntarse ¿qué causa dicho problema?, ¿por qué ocurre o existe ese problema? Encontrar las causas del problema es sustancial, pues solo conociendo bien el porqué del problema se podrán plantear soluciones adecuadas.

A partir del diagnóstico situacional, es recomendable hacer un listado de posibles causas, lo más exhaustivo posible, es decir, realizar una “tormenta de ideas” sobre las causas del problema. Estas ideas pueden ordenarse en dos grupos: causas desde la oferta y causas desde la demanda del bien o servicio; además de clasificarse en directas o indirectas.

Para ejemplificar se determinarán las causas del problema central “Los barrios de la zona alta de Managua tienen un reducido acceso a agua potable”, tomado de la Tabla 2.

**Tabla 2. Listado de causas del problema central**

<b>Problema</b>	<b>Causas</b>	<b>Oferta (O), Demanda (D)</b>	<b>Directa (Di), Indirecta (I)</b>
Los barrios de la zona alta de Managua tienen un reducido acceso a agua potable	Las líneas de conducción están deterioradas provocando pérdidas de agua por fugas.	O	Di
	Conexiones ilegales de los usuarios del servicio provocan derroche.	D	I
	Reducida red de distribución de agua (baja cobertura).	O	Di
	Ineficiente gestión del servicio.	O	I
	Baja tasa de pago de los usuarios.	D	I
	Frecuente interrupción del servicio de abastecimiento de agua potable.	O	Di
	Fallas de los pozos de almacenamiento.	O	I

	Interrupción del suministro eléctrico.	O	I
	Fallas de las estaciones de bombeo.	O	I
	Reducido nivel de inversiones y mantenimiento en infraestructura de abastecimiento de agua potable.	O	I

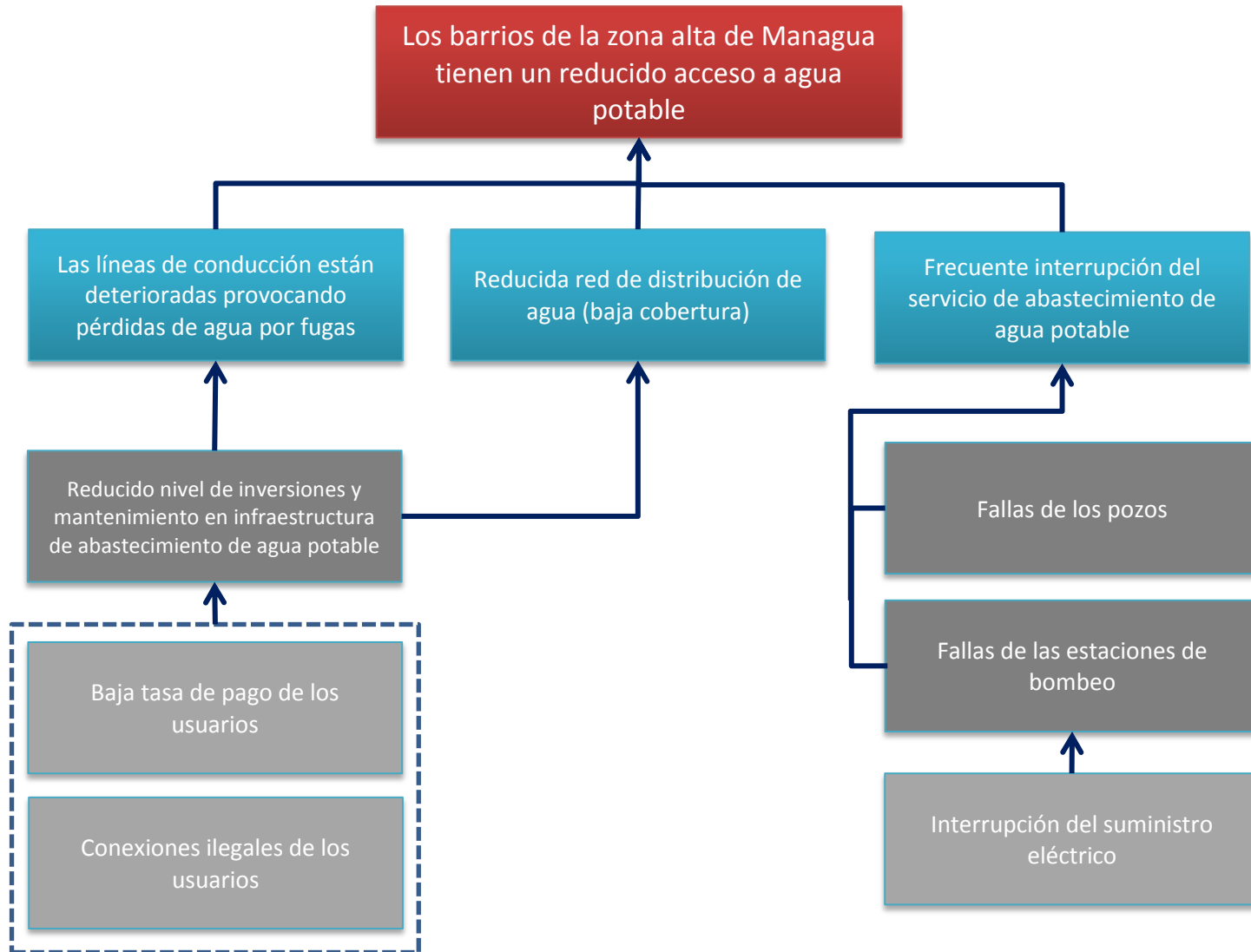
Las *causas directas* son aquellas que se relacionan con el ‘directamente’ con el problema central; mientras que las *causas indirectas*, son aquellas que actúan sobre el problema central a través de otra causa.

Una vez se tiene el listado de causas, se procede a la construcción del Árbol de Causas, que no es más que una representación ordenada y esquematizada de las causas del problema. De este árbol se hace más sencillo plantear soluciones a las causas que originan el problema central. La Figura 15 muestra el árbol de causas. Obsérvese que el árbol muestra las relaciones de causalidad entre una causa directa y otras indirectas, y cómo las directas conllevan al problema central.

La utilidad de definir si la causa está ocasionada desde la oferta o desde la demanda está dada en que se tiene claridad sobre quién (o qué) actuar en términos de las soluciones que se propondrán y eventualmente ejecutarán para superar esas causas y con ello aliviar o reducir el problema.

Para verificar la lógica causal o de encadenamiento, se leen las causas en el árbol de causas de abajo hacia arriba; con lo cual se diría que: la baja tasa de pago de los usuarios y las conexiones ilegales han provocado (o provocan) un reducido nivel de inversiones y mantenimiento de la infraestructura de abastecimiento de agua potable, lo que a su vez deriva en tener líneas de conducción deterioradas con fugas, que producen pérdidas de agua potable.

Figura 15. Árbol de Causas



### 3. Análisis de los efectos

Consiste en determinar cuáles son los efectos del problema central. Para fines prácticos se recomienda seguir el mismo método de análisis que para el análisis de las causas, así es conveniente iniciar con una ‘tormenta de ideas’ de los posibles efectos.

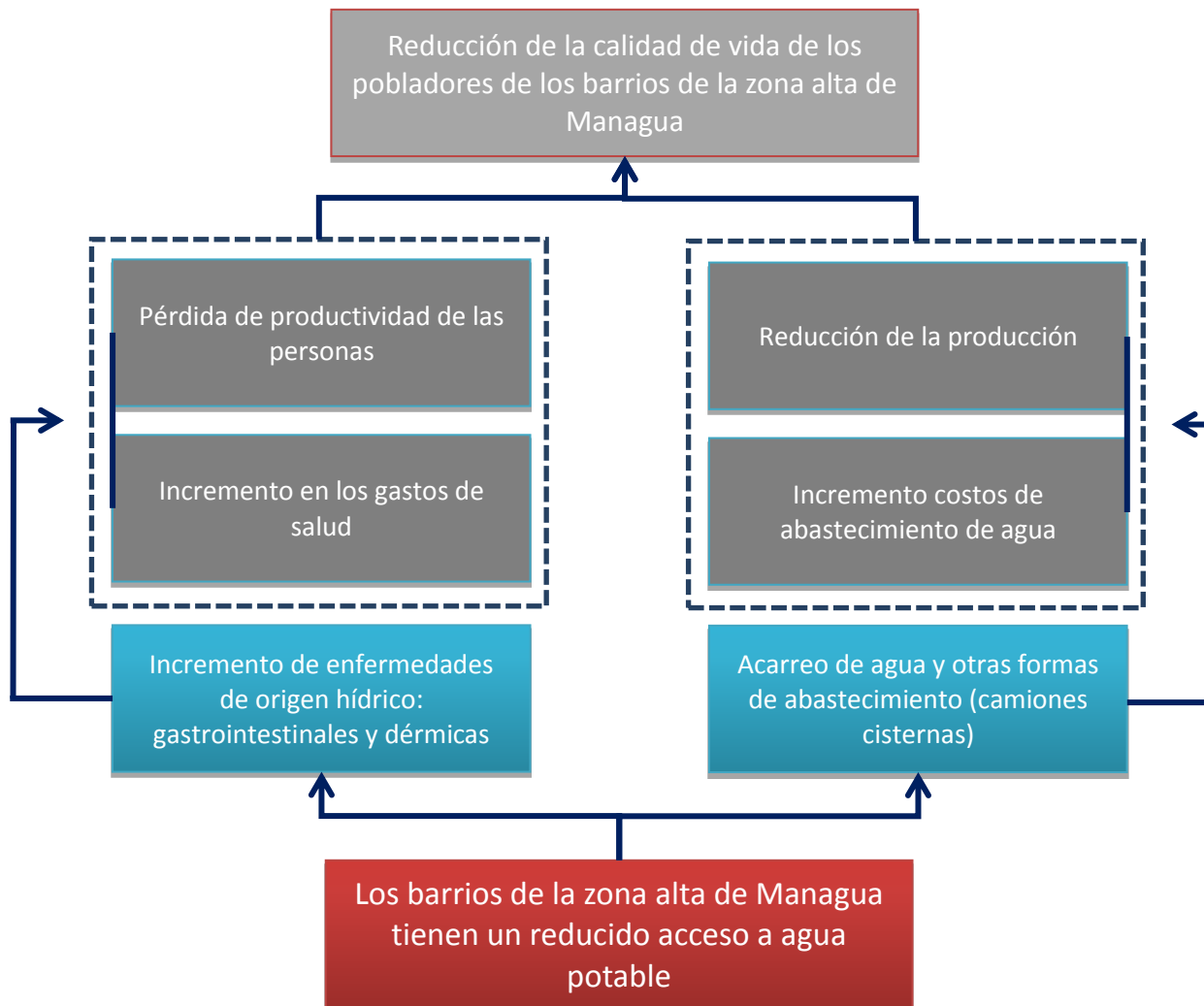
Recuérdese que el marco de análisis son los resultados obtenidos del diagnóstico de la situación actual. Análogamente, al análisis de las causas, es recomendable separar los efectos directos de los indirectos, a fin de lograr construir la cadena de efectos, con la lógica de causalidad. En este caso dicha lógica se leerá de abajo hacia arriba.

Continuando con el ejemplo del problema de abastecimiento de agua potable, en la Figura 16, se muestra el árbol de efectos, que como se ha dicho permite ordenar y esquematizar los efectos del problema central.

El árbol de causa-efecto es la unión del árbol de causas y del árbol de efectos. En el medio está el problema central. En la parte superior de este árbol causa-efecto se acostumbra colocar el efecto último (el más indirecto) del problema central, que en ese ejemplo se ha enunciado como: *“Reducción de la calidad de vida de los pobladores de los barrios de la zona alta de Managua”*.

Una lectura del árbol de causa-efecto de abajo hacia arriba, debería (si está bien construido) sintetizar la situación problemática abordada en el contexto de la iniciativa del proyecto o de apenas su identificación. Además de sintetizar aporta los elementos claves y relevantes a la hora de establecer alternativas de solución.

Figura 16. Árbol de Efectos



## **D. Objetivo del proyecto: medios y fines**

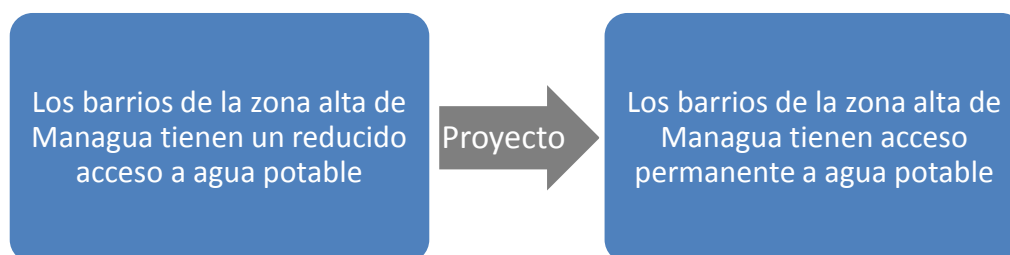
### **1. Definición del objetivo central**

Los objetivos se definen a través de la identificación de la situación deseada, esto es, de la situación problemática solucionada. Así, cada causa del problema central, y el mismo problema central, deben tener un objetivo o situación deseada. Si el problema fuera que el 30% de la superficie cultivable no es usada para usos productivos entonces el objetivo bien podría ser ampliar la frontera de producción agrícola. Los objetivos son la guía de los estudios en la fase de pre inversión y constituyen la proyección del futuro aspirado por los demandantes o impulsores del proyecto. Los objetivos deben ser:

- *Realistas*, deben poderse alcanzar con los recursos disponibles dentro de las condiciones generales dadas.
- *Eficaces*, no sólo deben responder a los problemas presentes, sino a aquellos que existirán en el tiempo futuro en que se ubica el objetivo.
- *Coherentes*, si el cumplimiento de un objetivo no imposibilita el cumplimiento de otro.
- *Cuantificables*, que puedan ser medibles en el tiempo.

El objetivo central del proyecto debe responder al problema central de la situación problemática analizada. A partir del problema central, se expresa en positivo dicho problema y se obtiene el objetivo central. En el ejemplo que se ha venido desarrollando, el objetivo central quedaría enunciado como se observa en la Figura 17.

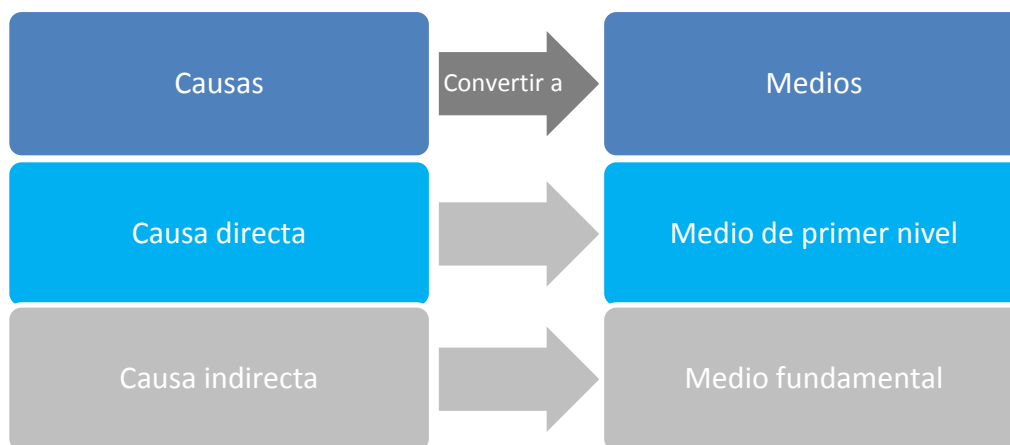
**Figura 17. Objetivo central del proyecto**



## 2. Análisis de medios del proyecto

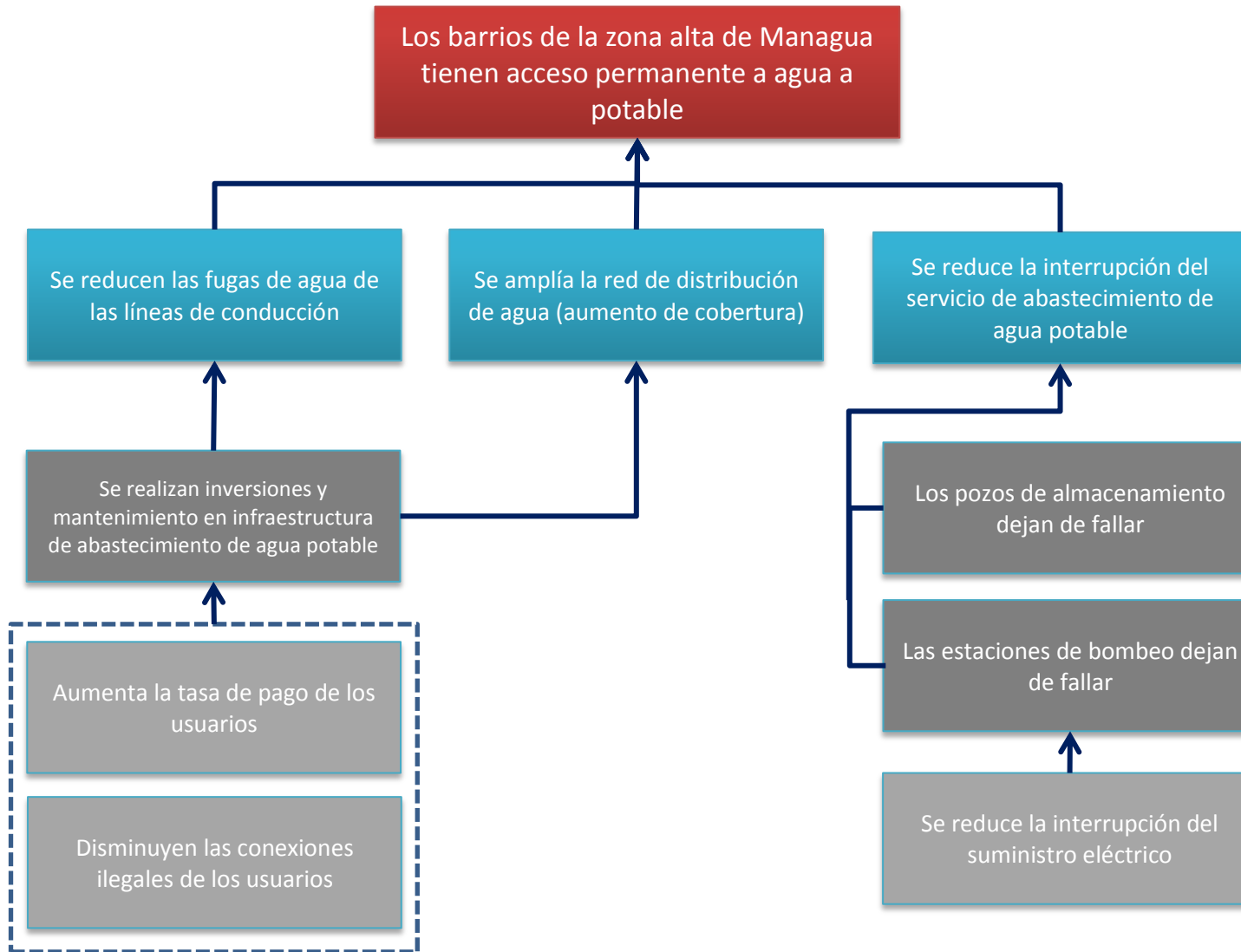
Los medios son el vehículo para solucionar (enfrentar) el problema, esto se hace a través de las causas (directas e indirectas) de dicho problema. Con la misma lógica de la determinación del objetivo central, para establecer los medios del proyecto el proceso consiste en transformar a positivo las causas del problema. Los medios fundamentales de intervención o de acción se corresponden con las causas indirectas de último nivel; puesto que estas causas son las más concretas y operativas, es sobre ellas que deberán plantearse alternativas de solución. La Figura 18 resume lo expuesto.

Figura 18. Convertir causas a medios



Siguiendo la lógica descrita, el árbol de medios para el ejemplo de abastecimiento de agua potable en los barrios de la zona alta de Managua, se vería como lo mostrado en la Figura 19. El árbol de medios también debe guardar la lógica de encadenamiento vertical, es decir, los medios fundamentales, deben permitir el logro de los medios de primer nivel, y estos a su vez posibilitar el logro del objetivo central.

Figura 19. Árbol de Medios





### *3. Análisis de fines del proyecto*

Los fines del proyecto consisten en la reversión de los efectos del problema central. Nuevamente la técnica es expresar en positivo el efecto negativo del problema. Entre los fines pueden identificarse los directos, que están asociados a los efectos de primer nivel; los fines indirectos, asociado a los efectos secundarios; y el fin último, vinculado con el efecto último. Este fin último es el denominado *objetivo de desarrollo* del proyecto.

Para el ejemplo desarrollado, el fin último sería: *“Mejorada la calidad de vida de los pobladores de los barrios de las zonas altas de Managua”*. El árbol de fines se muestra en la Figura 20.

La unión del árbol de medios y del árbol de fines da lugar al árbol de objetivos del proyecto, también conocido como árbol de medios y fines.

### ***E. Alternativas de solución***

Hasta este punto se ha sido capaz de establecer con objetividad y claridad el árbol de problemas: causas y efectos, y el árbol de objetivos: medios y fines; que han puesto en una perspectiva ordenada y jerarquizada el problema y los objetivos del proyecto. La identificación del proyecto ha de concluir con la definición de alternativas de solución, mismas que son derivadas de los medios identificados en el árbol de objetivos.

#### *1. Identificación de las acciones*

Los medios, se ha dicho, son el vehículo para la solución de las causas del problema central, a través de la ejecución de acciones. Así, para cada medio fundamental deberán ejecutarse acciones que conlleven lograr ese medio.

Para el caso desarrollado, uno de los medios fundamentales es *“aumenta la tasa de pago de los usuarios”*, el cual puede ser logrado a través de (i) campaña de cultura de pago, (ii) medidas de cobro dirigidas con acción legal, (iii) acuerdos grupales de pago. Puede para un mismo medio haber varias acciones posibles.

Figura 20. Árbol de Fines



Otro medio fundamental, es 'se reduce la interrupción de suministro eléctrico' a las estaciones de bombeo, con lo cual dejarían de fallar, el abastecimiento de agua sería más continuo. Para ese medio, las acciones pueden ser (i) instalar un generador eléctrico dedicado en las estaciones de bombeo, (ii) construir línea de transmisión eléctrica dedicada a las estaciones de bombeo con aseguramiento del suministro eléctrico. Puede verse que las acciones son en sí mismos decisiones de inversión que configurarían una intervención pública con el fin de lograr el objetivo central del proyecto.

Un medio fundamental de primer nivel es 'se realizan inversiones y mantenimiento en infraestructura de abastecimiento de agua'. Este medio fundamental está orientado al medio de primer orden 'se reducen las fugas en las líneas de conducción' y 'se amplía la red de distribución de agua'. Para dicho medio fundamental de primer nivel pueden también formularse acciones, al margen de las acciones establecidas para los medios de segundo nivel. Entre las acciones para ese medio están: (i) reemplazo de las líneas de conducción con fugas, (ii) reparaciones específicas a las líneas de conducción con fugas, (iii) construcción de nuevas líneas de conducción en reemplazo de todo el sistema de acueductos actual en los barrios de la zona alta, (iv) ampliación de la línea de conducción a zonas fuera de cobertura. Como puede verse, las tres primeras acciones son en sí mismas mutuamente excluyentes, la cuarta es independiente.

De lo anterior, puede decirse que las acciones pueden ser (i) mutuamente excluyentes, aquellas que no pueden ejecutarse al mismo tiempo, (ii) complementarias, aquellas que resulta conveniente ejecutarlas al mismo tiempo o (iii) independientes, no se interrelacionan con otras acciones.

La Tabla 3, muestra ejemplos de acciones para cada uno de los medios fundamentales del caso desarrollado de abastecimiento de agua potable en barrios de la zona alta de Managua.

Tabla 3. Acciones identificadas para los medios

<p><b>Medio fundamental de primer nivel (MF1)</b></p> <p>Se realizan inversiones y mantenimiento en infraestructura de abastecimiento de agua</p>
<p>Acciones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ reemplazo de las líneas de conducción con fugas (a1.1),</li> <li>▪ reparaciones a las líneas de conducción con fugas (a1.2),</li> <li>▪ construcción de nuevas líneas de conducción en reemplazo de todo el sistema de acueductos actual en los barrios de la zona alta (a1.3),</li> <li>▪ ampliación de la línea de conducción a zonas fuera de cobertura (a1.4)</li> </ul>
<p><b>Medio fundamental de segundo nivel (MF2.1)</b></p> <p>Aumenta la tasa de pago de los usuarios</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ campaña de cultura de pago (a2.1.1),</li> <li>▪ medidas de cobro dirigidas con acción legal (a2.1.2),</li> <li>▪ acuerdos grupales de pago (a.2.1.3)</li> </ul>
<p><b>Medio fundamental de segundo nivel (MF2.2)</b></p> <p>Se reduce la interrupción de suministro eléctrico' a las estaciones de bombeo</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ instalar un generador eléctrico dedicado en las estaciones de bombeo (a.2.2.1),</li> <li>▪ construir línea de transmisión eléctrica dedica a las estaciones de bombeo con aseguramiento del suministro eléctrico (a.2.2.2)</li> </ul>
<p><b>Medio fundamental de segundo nivel (MF2.3)</b></p> <p>Disminuyen las conexiones ilegales de usuarios</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ instalar medidores en las viviendas conectadas ilegalmente (a.2.3.1),</li> <li>▪ crear grupos de consumidores (viviendas) e instalar medidores grupales (a.2.3.2)</li> </ul>

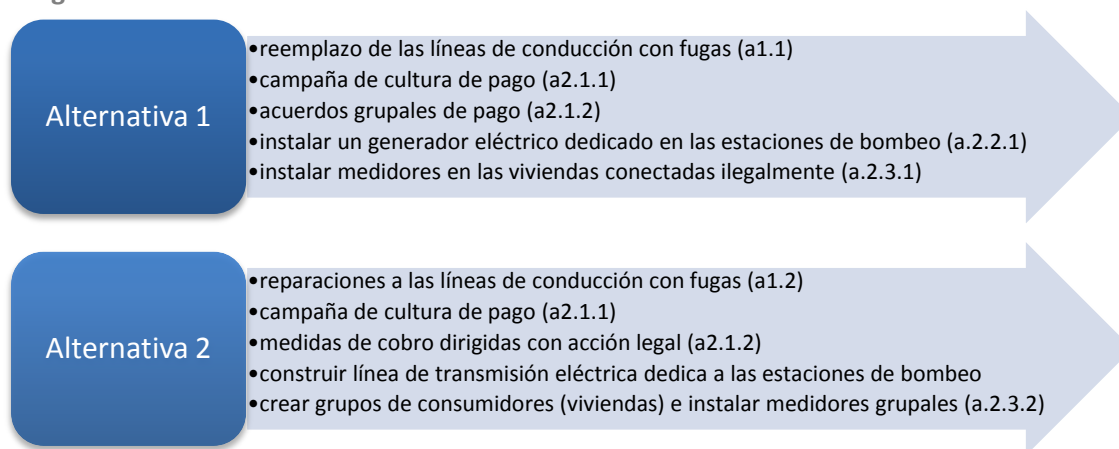
## 2. Planteamiento de alternativas

De las acciones planteadas a cada medio fundamental y de las interrelaciones entre dichas acciones, pueden configurarse conjuntos de acciones que constituyen alternativas de solución. Una alternativa de solución puede no incorporar acciones de todos los medios fundamentales, o sí retomar al menos una acción de cada medio fundamental. En esto deberá tenerse cuidado de que dichas acciones no sean mutuamente excluyentes. Como es obvio no tendría sentido incluir en una misma alternativa dos acciones que no pueden

ejecutarse al mismo tiempo. De ahí que tener claridad sobre las interrelaciones de las acciones ayuda a configurar conjuntos de alternativas.

Para el caso en estudio, se ha indicado que las alternativas a1.1, a1.2 y a1.3 son mutuamente excluyentes; las acciones del MF2.1, pueden ser complementarias o incluso independientes, de hecho la campaña de cultura de pago puede hacer incluso si se ejecutasen medidas de cobro dirigidas con acción legal. Por su parte las acciones del MF2.2 son también mutuamente excluyentes y las acciones del MF2.3 pueden ser complementarias. En ciertas zonas pueden crearse grupos de consumo y colocar un medidor grupal y en otras lo mejor quizás sería colocar medidores individuales. De lo anterior, pueden formularse dos alternativas mutuamente excluyentes, como solución al problema central, o como medio de obtener el objetivo central del proyecto. La Figura 21 muestra un par de alternativas de solución.

**Figura 21. Alternativas de Solución**



Como se habrá deducido pueden configurarse otras alternativas de solución. Los elementos técnicos de cada alternativa (de las acciones específicas) son desarrollados en la Formulación del Proyecto.

# Parte 3

## **Formulación del Proyecto**

## **I. Análisis de la demanda**

La demanda del servicio de agua potable se determina mediante las proyecciones demográficas, dotaciones, niveles de cobertura y pérdidas esperadas para el período previsto. El proyecto debe tener un tamaño determinado por la demanda estimada hacia el final del periodo de diseño de las obras que se adopten. La proyección de la demanda del servicio de agua potable, considera los aspectos a ser descritos en esta sección.

### ***A. Proyección de la población***

Se determina a partir de los censos de población y proyecciones del INIDE. En casos que no se cuente con esta información se puede considerar información del Consejo Supremo Electoral, dado que tiene empadronada a la población de su área de influencia. Si la estadística de población no está actualizada al momento de formulación del estudio, se deberá proyectar la población del último censo con una tasa de crecimiento ínter censal hasta el periodo actual, que corresponde a una tasa de crecimiento geométrico estimada por el INIDE. La expresión (1) muestra cómo proyectar dicha población.

$$(1)P_n = P_0(1 + \delta)^n$$

*Donde:*

*n: número de años entre el último censo y el presente año*

*d: Tasa de crecimiento (anual) entre últimos dos censos*

*P<sub>0</sub>: Población actual (población del último censo)*

*P<sub>n</sub>: Población proyectada*

Si no hay estadísticas, deberá realizar un conteo de población o estimar sobre la base de la cantidad de viviendas y la densidad promedio de habitantes por vivienda, luego de aplicar una encuesta socioeconómica.

### ***C. Densidad por lote (vivienda) y Cobertura de agua potable***

Si la proyección del consumo doméstico de agua potable se realiza a nivel de viviendas, debe establecer el número promedio de personas por vivienda basado en la información

del último censo. En Nicaragua, el promedio nacional de personas por viviendas se estima en 5. En términos generales puede decirse que la densidad familiar viene determinada según la expresión (2).

$$(2)df(l)_t = \frac{P(l)_t}{v(l)_t}$$

*Donde:*

*df: densidad familiar por vivienda*

*l: localidad*

*t: momento del tiempo en que se tiene la cantidad de población en la localidad*

*P: población total,  $P(l)_t$  se lee población en la localidad 'l' en el momento 't'*

*v: viviendas,  $v(l)_t$  se lee viviendas en la localidad 'l' en el momento 't'*

La *cobertura de agua potable* es el porcentaje de la población que es atendida con el servicio de agua potable en un año específico. Así, para estimar la cobertura actual debe tenerse información sobre la población servida con agua potable (en el año base, preferiblemente el año en que se realiza la formulación del proyecto), y la población total en ese mismo año.

Para proyectar la cobertura, deberá planificarse el nivel de cobertura esperado (deseado) sobre la base de la planificación de crecimiento prospectivo de la entidad operadora del servicio.

Así, la cobertura actual se obtiene como se muestra en la expresión (3).

$$(3)cb(l)_t = \frac{ps(l)_t}{P(l)_t}$$

*Donde:*

*cb: cobertura*

*l: localidad*



*t: periodo en que se calcula la cobertura*

*ps: población servida*

*P: población total*

El total de población atendida año a año, resulta de multiplicar la población proyectada por la cobertura proyectada del servicio de agua potable.

El número de conexiones domésticas ( $nc$ ) resulta de dividir la población servida por la densidad familiar. Véase la expresión (4).

$$(4)nc_t = \frac{ps_t}{df_t}$$

#### ***D. Dotaciones para el sector rural***

De las “Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento de Agua en el medio Rural (NTON 09001 – 99)” publicado por INAA para el sector rural se tienen las siguientes dotaciones:

- Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de puestos públicos se asignará una dotación de 30 a 40 litros por habitante por día (lt/hab/día).
- Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias o de patio, se asignará una dotación de 50 – 60 lt/hab/día.
- Para comunidades que se abastecen por medio de pozos excavados a mano o perforados se asignará una dotación de 20 a 30 lt/hab/día.

#### ***E. Dotaciones en el sector Urbano***

El conocimiento de esta información es de gran importancia en la etapa de diseño a fin de lograr estructuras funcionales. Mediante investigaciones realizadas, se ha llegado a estimaciones sobre consumos. Las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09-003-99), dictadas por el ***Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (INAA)***, ente normador del sector, basadas en algunas investigaciones y apoyadas en las de otros países, asignan cifras para las

dotaciones de agua tomado en cuenta el uso del agua (doméstico, industrial, productivo), la zonificación (asentamientos, residencial, barrios), rangos de población, y el sector: urbano o rural. Estas dotaciones se expresan en lt/día/hab. o gl/día/hab. Estas cifras conducen a la determinación de un **Caudal o Consumo Medio**, lo cual ha de constituir la base de todo diseño.

Ha de tenerse especial cuidado en la adopción de los criterios para esta determinación, dado que se ha hecho práctica común el uso de normas que asignan cifras globales de consumo per cápita y que utilizados de una manera general pueden conducir a sobre diseños o, por el contrario, a proyectos insuficientes o prematuramente obsoletos.

## ***F. Factores que afectan el Consumo de Agua***

### ***1. Tipos de comunidad***

Una comunidad o zona a desarrollar está constituida por sectores residenciales, comerciales, industriales y recreacionales. Esto permite fijar el tipo de consumo de agua predominante, así se tiene:

- a) **Consumo doméstico:** constituido por el consumo familiar de agua de bebida, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina, limpieza, riego de jardín y adecuado funcionamiento de las piezas sanitarias. Representa generalmente el consumo predominante en el diseño.
- b) **Consumo comercial e industrial:** Puede ser un caudal significativo, en tal caso, las cifras de consumo deben basarse en el tipo de industria y comercio, más que en estimaciones referidas a áreas o consumos per cápita.
- c) **Consumo Público:** está constituido por el agua destinada a riego de zonas verdes, parques y jardines públicos y limpieza de calles.
- d) **Consumo por pérdidas en la red:** es motivado por juntas en mal estado, válvulas y conexiones defectuosas y puede llegar a representar de un 10 a un 15% del consumo total.

**e) Consumo por incendio:** este factor debe ser considerado de acuerdo a la importancia relativa que tiene en el sistema. Debe señalarse que en el diseño de sistemas rurales no se considera esta situación.

## *2. Factores económicos-sociales*

Las características económicas-sociales de una población se pueden evidenciar a través del tipo de vivienda, la zona (urbana, rural, peri urbana, etc.) lo que determina el tipo de consumo.

## *3. Factores meteorológicos*

Los consumos de agua de una región varían a lo largo del año de acuerdo a la temperatura ambiental y a la distribución de las lluvias, por ejemplo la temperatura ambiente de la zona define, en cierto modo, los consumos correspondientes a higiene personal de la población que influenciarán los consumos per cápita.

## *4. Tamaño de la comunidad*

El consumo per cápita aumenta con el tamaño de la comunidad, a la vez el crecimiento poblacional provoca consecuentemente con el desarrollo económico y demográfico un incremento del consumo per cápita.

## *5. Otros factores*

Se considera que influyen en los consumos factores como: calidad del agua, eficiencia del servicio, medición del agua, etc., sin embargo, estos son aspectos que aunque se reconoce que influyen decisivamente en los consumos, no son factores a considerar dentro del diseño.

## ***G. Consumo Doméstico y otros tipos de consumo***

Para la ciudad de Managua se usarán las dotaciones de consumo doméstico mostradas en la Tabla 4, que son establecidas por el ente normador.

Tabla 4. Dotación de agua potable para consumo doméstico en Managua

Clasificación de barrios	Dotación	
	gl/hab/día	lt/hab/día
Asentamientos progresivos	10	38
Zonas de máxima densidad y actividades mixtas	45	170
Zonas de alta densidad	40	150
Zonas de media densidad	100	378
Zonas de baja densidad	150	568

### Clasificación de los barrios

**Asentamientos progresivos:** son unidades de viviendas provisionales. Estos barrios no tienen conexiones privadas en la red de agua potable, pero se abastecen mediante puestos públicos o conexiones ilegales.

**Zonas de máxima densidad y actividades mixtas:** las viviendas a vecinan talleres y pequeñas industrias en un tejido urbano heterogéneo. En términos de superficie, las viviendas ocupan un promedio del 65% del área total del terreno y todas están conectadas a la red de agua potable.

**Zonas de Alta densidad:** en los núcleos de viviendas de estas zonas se encuentran construcciones de todo tipo, desde la más sencilla, hasta casas de alto costo pero en lotes con dimensiones y áreas homogéneas 150 m<sup>2</sup>-250 m<sup>2</sup>.

**Zonas de media densidad:** se trata de viviendas de buen nivel de vida con áreas de lotes que varían entre los 500 m<sup>2</sup> a 700 m<sup>2</sup>. Todas están conectadas a la red de agua potable.

**Zonas de baja densidad:** son áreas de desarrollo con viviendas alto costo y de alto nivel de vida construidas en lotes con áreas mínimas de 1,000 m<sup>2</sup>.

Para las ciudades del resto del país se usarán las dotaciones señaladas en la Tabla 5.

**Tabla 5. Dotación de agua potable para consumo doméstico en el resto del país**

Rango de población	Dotación	
	gl/hab/día	lt/hab/día
0 – 5,000	20	75
5,000 – 10,000	25	95
10,000 – 15,000	30	113
15,000 – 20,000	35	132
20,000 – 30,000	40	151
30,000 – 50,000	45	170
50,000 – 100,000 y más	50	189

En el caso del consumo Comercial, industrial y público, se usarán los porcentajes de acuerdo a la dotación doméstica diaria, en los casos especiales se deberá estudiar en forma particular a efectos de establecer el consumo. Véase Tabla 6.

**Tabla 6. Dotación para usos no domésticos**

Clasificación de barrios	Porcentaje
Comercial	7
Público e Institucional	7
Industrial	2

#### **H. Variaciones de consumo**

Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias. Estas variaciones pueden expresarse en función de un porcentaje del **Consumo Promedio Diario (CPD)**. **La importancia de obtener el valor de estas variaciones radica en dimensionar los componentes de los sistemas de agua y alcantarillado sanitario.**

Es bien sabido, que en épocas de lluvia, la población demanda cantidades menores de agua del acueducto que en épocas de sequía. Asimismo, durante una semana cualquiera

se observará que ocurren días de máximo consumo y días de mínimo consumo. Más aún, si se toma un día cualquiera, también resultará cierto que los consumos de agua presentarán variaciones hora a hora, mostrándose horas de máximo y horas de mínimo consumo.

**Consumo Promedio Diario (CPD), puede ser obtenido:**

- (i) Como el producto de la dotación per cápita por la población futura proyectada al final del período de diseño, más el consumo industrial, comercial o público. Véase expresión (5).

$$CPD(l)_n = dp(l) * P_n + CIoC(l) + CP(l)$$

*Donde:*

*CPD(l): Consumo promedio diario en la localidad (l)*

*dp: dotación per cápita*

*P<sub>n</sub>: población futura en el momento 'n'*

*CIoC: consumo industrial o comercial*

*CP: consumo público*

*l: localidad*

- (ii) Como el promedio de los consumos diarios registrados en una localidad durante un año de mediciones consecutivas. Esto se define como el Consumo Promedio Diario Anual.

**Consumo Promedio Diario Total (CPDT):** será la sumatoria del consumo doméstico, más el consumo comercial, más el Consumo Industrial, más las Pérdidas por fricción. De acuerdo a las normas estas pérdidas por fricción se estiman en un 20% del CPD.

**Consumo Máximo Día (CMD):** se define como el día de mayor consumo de una serie de registro observados durante los 365 días del año; siendo este el día más crítico (máxima demanda) que debe ser necesariamente satisfecha, dado que de lo contrario originaría situaciones deficitarias para el sistema. Este valor, relacionado con el CPDT ha permitido establecer una constante de diseño, de acuerdo a las normas el **CMD = 1.50 CPDT**.

**Consumo Máximo Hora (CMH):** durante un día cualquiera, los consumos de agua de una localidad presentarán variaciones hora a hora. Según las normas de diseño el **CMH =2.50 CPDT.**

### ***I. Demanda de obras de saneamiento***

La definición de la demanda de obras de saneamiento es la evidencia de cómo esta afecta la salud en la población del área de influencia y las carencias y/o déficit cuantitativa y cualitativa de estos servicios. Problemas de accesibilidad, oferta inadecuada no acorde a las condiciones socio culturales y económicas de la población, contaminación de los recursos de agua y ambiental y desmejoramiento de la calidad de vida son factores a considerar.

## **II. Análisis de la oferta**

Esta etapa del proyecto, se centraliza en la evaluación de la oferta de agua de las fuentes de abastecimiento disponible y viable a incorporar y de los componentes del sistema de agua potable existentes.

### ***A. Cuantificar el caudal disponible en la fuente***

Se debe establecer la capacidad de las fuentes, en forma individual y en su producción conjunta expresadas en caudal (lps). Para las fuentes de agua superficial se debe indicar la influencia de las fluctuaciones de caudal en época de avenida en época de estiaje. Para los fines del estudio se debe considerar el caudal de la época de estiaje.

El análisis de la capacidad de las fuentes superficiales, debe ser respaldado en estudios hidrológicos y registros de aforos del curso o cuerpo de agua.

En el caso de fuentes subterráneas, debe evidenciarse la existencia de caudal en base a sondajes eléctricos y de ser el caso en pozos de prueba, que además del caudal, establezcan si la calidad del agua aprovechable es apta para el consumo humano.

### ***B. Capacidades de diseño y operativa de los componentes de agua potable***

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, para establecer la capacidad de diseño en (l/seg) de los principales componentes del sistema: captación, líneas de conducción, planta de tratamiento, línea de aducción, equipos de bombeo, y otros.

La capacidad individual y en conjunto de los reservorios o tanques de almacenamiento se expresará en m<sup>3</sup>.



Se debe determinar la capacidad de transporte de las redes de agua, teniendo presente el deterioro por la operación en términos de una posible disminución del diámetro por incrustaciones.

La oferta involucra también el dimensionamiento de la longitud de redes existentes y el número de conexiones domiciliarias o públicas.

### ***C. Oferta de Saneamiento***

En el sector rural donde predomina el uso de letrinas de uso familiar, se cuantifica el número de letrinas existentes y las que están en buen estado que seguirán funcionando en la situación “con proyecto”. Se evalúa la situación del servicio, cómo se realiza la evacuación de excretas por parte de la población y se presenta un diagnóstico considerando los siguientes indicadores:

- La cobertura del servicio de evacuación de excretas domiciliarias, número de letrinas, características.
- El número de viviendas que no cuentan con letrinas.

También se describe la situación de la infraestructura, y el estado de cada uno de los componentes del sistema de saneamiento considerando que:

- En caso existan letrinas sanitarias, se debe especificar las dimensiones, materiales, antigüedad, condición de mantenimiento, vida útil estimada y confiabilidad.
- En caso cuenten con sistema de alcantarillado, se debe analizar la condición actual y las necesidades de ampliación.

Antes de iniciar el diseño de un sistema de alcantarillado, el formulador deberá tener un adecuado conocimiento del área donde se pretende implantar el sistema, por consiguiente es necesario proceder con una investigación de todas las condiciones que puedan significar aporte de datos para un diseño equilibrado, de costo razonable y capaz de llenar las necesidades bases de la obra que se desea construir.

Los estudios básicos deberán incluir los siguientes: geológicos, geotécnicos, sanitarios, hidrológicos, obras existentes, topográficos y misceláneos.

#### ***D. Optimización de la infraestructura***

A partir del diagnóstico de la infraestructura actual, se debe determinar las obras necesarias para optimizar la operación de esta infraestructura, cuya ejecución demande inversiones de pequeñas magnitud, a fin que puedan operar en lo posible de acuerdo a su capacidad de diseño. Estas obras deben ser compatibles con las obras que se proyectarán para ampliar el sistema de agua potable o del sistema de alcantarillado sanitario.

La optimización de la situación actual de los sistemas de agua potable, involucra, entre otras acciones, la aplicación de medidas de detección y control de fugas de agua y mejoras de la gestión de la entidad prestadora del servicio.

Con la optimización es posible conseguir hacer uso pleno de la oferta existente y/o reducciones en los costos de operación, para fines del balance oferta/demanda.

### **III. Balance de Oferta y Demanda**

El balance oferta –demanda, refiere la comparación de la capacidad de los diferentes elementos del acueducto con los requerimientos de la demanda proyectada para cada año. Por lo anterior, las capacidades se expresarán en términos del caudal que pueden conducir.

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 (captación, línea de conducción, planta de tratamiento, línea de aducción, equipos de bombeo, tanques de almacenamiento, entre otros). De esta manera se recomendará la construcción de las obras cuando estas sean necesarias.

## V. Alternativas de solución

Plantea las alternativas técnicamente viables para solucionar el problema sobre las bases fundamentales de los Objetivos. Para cada uno de los medios fundamentales identifica todas las acciones posibles para lograrlos y analiza la relación entre éstas:

- Si se proponen acciones complementarias, o que funcionan mejor si se ejecutan en conjunto, ubicarlas como parte de una misma alternativa de solución.
- Si se proponen acciones mutuamente excluyentes, o que no pueden desarrollarse en conjunto, ubicarlas como parte de alternativas de solución diferentes.
- Las demás acciones son independientes. Estas pueden formar parte indistintamente de las alternativas planteadas.

Definidas las acciones, combinarlas de tal manera que cada conjunto de acciones constituya una alternativa de solución. Cada alternativa de solución deberá contener tantas acciones como sea necesario para alcanzar todos los medios fundamentales establecidos.

Para el análisis de alternativas considera los siguientes aspectos:

- **Opciones tecnológicas:** puedes considerar las que sean comparables entre sí y de fácil operación y mantenimiento. Además puedes proponer el uso de materiales apropiados para la zona.
- **Localización de la infraestructura:** verifica que existan las áreas disponibles de terrenos necesarias para ejecutar las obras y que cuentan con el saneamiento físico-legal correspondiente. Hay que tener cuidado de no ubicar los componentes en zonas vulnerables a peligros como inundaciones, derrumbes, etc.
- **Sociocultural:** las alternativas que propongas, no deben generar conflicto de intereses y deberán tomar en cuenta los hábitos y costumbres de la población.
- **Ambiental:** Cuidar de que no se produzcan impactos ambientales negativos sin las medidas de mitigación necesarias.

Una vez definidas las alternativas, presenta una descripción de cada una de ellas y diseña un esquema del sistema propuesto en cada alternativa.

## **VI. Presupuesto de costos y cronograma de ejecución**

En este punto se determina cuánto cuesta implementar el proyecto y que resultados se obtienen con ello. El costo de un proyecto es la suma del valor de los recursos o insumos que el proyecto requiere durante su ejecución y su vida útil.

La preparación de un cronograma de ejecución permite monitorear la ejecución de las actividades programadas del proyecto e indica el tiempo en que se estima realizar cada una de las actividades previstas de las alternativas analizadas. La temporalidad puede ser expresada en términos de meses o años, según el tipo de proyecto.

## **VI. Estrategia de ejecución: participación y organización**

Existen diversas modalidades para ejecutar proyectos de agua potable y saneamiento. Para sistemas a construir en las ciudades que presentan proyectos de alta complejidad, el proceso o estrategia de ejecución es mediante un proceso licitatorio privado o público, en la que la empresa constructora ganadora hace el proyecto.

En proyectos de agua y saneamiento del sector rural tradicionalmente la comunidad participa en la ejecución mediante el aporte de mano de obra no calificada (zanjeo, relleno y traslado de materiales y preparación de mezclas etc.). En los últimos años se ha estado implementando la estrategia que la comunidad administre los fondos de la comunidad y que la misma participe en las tareas que requieren mano de obra no especializada. Esta táctica se le llama PGC “Proyectos Guiados por la Comunidad”.

Los Proyectos guiados por la comunidad (PGC) Indígena son una modalidad de ejecución descentralizada del Nuevo FISE, para proyectos de menor y mayor complejidad, donde una comunidad debidamente organizada y reconocida por la autoridad municipal se hace co-responsable de administrar los fondos y ejecutar determinado proyecto conjuntamente con la alcaldía.

Los proyectos PGC tienen como finalidad desarrollar el capital social y humano de los hombres y mujeres que viven en las comunidades a fin de que puedan ejecutar directamente sus proyectos y ser ellos los responsables directos de su proceso de auto-desarrollo colectivo.

Lo anterior ha demostrado tener consecuencias directas en el buen uso y mantenimiento de los proyectos, los servicios que se oferten y en el incremento del capital social y de los valores de convivencia ciudadana.

# Parte 4

## **Evaluación del Proyecto**

## **I. Aspectos generales**

Los proyectos de agua potable y saneamiento contribuyen de forma inmediata y contundente a mejorar la calidad de vida y el bienestar de la población. Afectan de forma positiva la salubridad, reducen por tanto las enfermedades asociadas, como diarreas, infecciones en la piel, y otras; permiten un ambiente habitacional más limpio. Por el lado productivo, generan dinámicas económicas que motivan el desarrollo de actividades en las que el agua es un insumo productivo clave. El acceso a agua potable es un reto permanente de los países en desarrollo, y en Nicaragua concretamente es uno de los rubros de inversión pública más importante, por los efectos sociales (sobretudo) y económicos que provoca.

Según el ámbito urbano o rural en que se desarrolle el proyecto de agua potable y saneamiento, presentan características propias que han de ser consideradas en su formulación. Así, un sistema de agua en el sector rural puede consistir en un pozo con manivela, al cual acuden los pobladores para obtener el agua, a la cual pueden aplicársele químicos (como cloro) para ‘potabilizarla’. Análogamente, el saneamiento en el sector rural puede consistir en letrinas, ventiladas o no, aboneras y otras categorías. Por el contrario en el sector urbano, los proyectos tienen dimensiones así como complejidades técnicas mayores.

Todo proyecto de agua potable tiene asociado básicamente estos eslabones, correspondientes a su proceso de producción: captación y tratamiento de agua cruda, conducción y distribución, consumo y micro medición. En este capítulo se explicará el proceso metodológico para evaluar los proyectos de instalación del servicio de agua potable (donde no hay), de ampliación (donde hay pero falta cobertura) y de mejoramiento (eficiencia y calidad).

Los proyectos de saneamiento (conocidos como de Alcantarillado Sanitario), en el ámbito urbano, tienen un proceso que inicia en la red intradomiciliar, que produce las aguas servidas, prosigue con el sistema de recolección y conducción (alcantarillado), y continúa con la disposición final, con o sin tratamiento, en ríos, lagos o mar. Como se hace evidente

existe una relación de complementariedad entre el sistema de agua potable y el de aguas servidas. El sistema de aguas servidas tiene mayor utilidad (conveniencia mayor) cuando está presente el servicio de agua potable. A su vez está demostrado que si se tiene agua potable y luego se instala el sistema de aguas servidas aumenta el consumo de agua, debido a que el costo de eliminación de éstas es menor. Al igual que en los proyectos de agua potable, los de agua servidas pueden agruparse en aquellos de instalación del servicio, de ampliación y de mejoramiento. Este último, típicamente consiste en el tratamiento de las aguas servidas antes de disponerlas finalmente en los cuerpos receptores.

Desde una perspectiva de evaluación, los proyectos de agua potable se evalúan con criterios de beneficio-costos, y los proyectos de agua servidas con criterios de costo-efectividad.

## **II. Instalación del servicio de agua potable**

### ***A. Comentarios iniciales***

El proyecto de instalación del servicio de agua potable tiene el fin de abastecer de agua potable a una comunidad o población determinada, que en la actualidad consume agua por formas alternativas, tales como el 'acarreo' desde fuentes superficiales (ríos), la extracción de pozos (individuales o comunales), hasta la compra de agua a camiones cisternas. El proyecto desde una perspectiva constructiva buscará una fuente de agua, la captará, potabilizará, conducirá y distribuirá a los consumidores finales. Entre los consumidores finales pueden tenerse categorías, tales como residenciales, industriales, comerciales y fiscales (o públicos, tales como los colegios u hospitales).

Desde una perspectiva económica, el proyecto tiene el fin de hacer menos costoso el acceso al agua, así como proveer agua segura, potable, y permitir un mayor consumo. Se hace obvio que el consumo esperado 'con proyecto' será mayor que 'sin proyecto'.

Nótese que la descripción del proyecto que se ha hecho es el de un sistema de abastecimiento de agua potable urbana. Sin embargo, hay proyectos de agua potable



rural, en los que el sistema de abastecimiento es menos complejo y completo; y consisten en obras menores de captación, tratamiento, conducción, y disposición en uno o varios puntos de consumo, donde los pobladores deben ir a traer el agua. Independientemente de uno u otro proyecto en términos del tamaño de las obras, de su complejidad y montos de inversión, la metodología de evaluación guarda los mismos procedimientos y criterios.

### ***B. Metodología de evaluación***

El proceso metodológico de evaluación del proyecto de instalación del sistema de abastecimiento de agua potable sigue como principio básico establecer la situación 'sin proyecto'. Esto es determinar el costo del metro cúbico ( $m^3$ ) de agua potable y la cantidad de  $m^3$  consumidos por el grupo de análisis, comúnmente la unidad familiar, en un periodo dado, mensualmente. Establecer dicha situación 'sin proyecto' conlleva una investigación de campo específica mediante la cual se deberá conocer cómo es que se abastece de agua actualmente la comunidad o población. Bien puede ser por 'acarreo' de un río o pozo comunitario, lo cual implica valorar el costo de oportunidad por ir a buscar el agua; también puede ser comprada a camiones cisternas, debiéndose determinar el precio implícito del  $m^3$  de agua consumido.

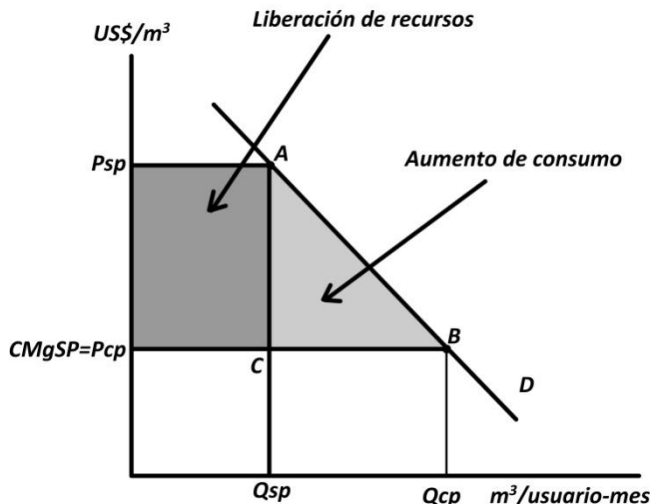
Una vez establecida la situación 'sin proyecto', corresponde hacer lo propio para establecer la situación 'con proyecto'. Para ello debe estimarse la curva de demanda del grupo de interés en estudio (colectiva o individual). Dicha curva de demanda es función de la población (tamaño), del nivel de ingresos, del clima del lugar, de sus actividades productivas, por señalar algunas variables. Para determinar el precio máximo que están dispuestos a pagar por una determinada cantidad de  $m^3$  de agua puede emplearse el método de valoración contingente o de preferencias declaradas, que no es más que una forma de investigación por encuestas que permite derivar los precios para diferentes cantidades. Este método tiene como crítica principal la subjetividad de los valores obtenidos, si es que no se sigue un riguroso proceso de diseño de la encuesta y de recolección de los datos. Alternativamente, puede obtenerse una 'zona testigo' o 'comunidad testigo' que no es más que un sitio en donde se haya realizado un proyecto de abastecimiento de agua potable. Esa comunidad debe ser comparable en términos

socioeconómicos con la del proyecto de interés, para que los valores ahí recogidos sean considerados válidos. De esa zona puede estimarse el consumo con proyecto o medir la elasticidad precio de la demanda y aplicarla a la zona del proyecto en estudio.

Como sea, una vez que se tiene la situación 'con proyecto', es posible diferenciar dos beneficios socioeconómicos debido al proyecto de abastecimiento de agua potable: (i) beneficio por liberación de recursos y (ii) beneficio por aumento de consumo. El beneficio por liberación de recursos viene explicado por el ahorro económico por obtener la misma cantidad de agua que en la situación 'sin proyecto', a un costo menor; y el beneficio por aumento de consumo, es la utilidad (valoración) que tiene la población o comunidad por cada  $m^3$  de agua adicional que consume. Este segundo beneficio se mide bajo la curva de demanda, que representa la valoración marginal del beneficio por consumir agua. De ahí que sea importante hacer una adecuada estimación de dicha curva. Para efectos de cálculo, en verdad se requiere establecer dos pares de valores: precio y cantidad 'sin proyecto' y 'con proyecto'.

La figura 22 muestra los beneficios asociados a un proyecto de instalación del servicio de agua potable.  $P_{sp}$  es el precio (costo) 'sin proyecto' de abastecerse de agua (que no es potable), y  $Q_{sp}$  la cantidad consumida; por su parte,  $P_{cp}$  es el precio (costo) 'con proyecto' por cada  $m^3$  de agua potable consumida, y  $Q_{cp}$  la cantidad consumida. En el gráfico se indica que el  $P_{cp}$  es igual al costo marginal social de producir (CMgSP) el agua 'con proyecto'. A su vez, el  $P_{sp}$  es el costo económico 'sin proyecto' en que incurre una familia por abastecerse de agua.

Figura 22. Beneficios sociales de un proyecto de instalación del servicio de agua potable



Para facilidad de cálculo comúnmente se supone que la curva de demanda es de la forma  $Q = a-bP$  (recta), por lo que la expresión que resume el beneficio neto social para un periodo "t" del horizonte de evaluación es la mostrada en (6).

$$(6) (P_{sp} - CM_{gSP}) * Q_{sp} + \frac{P_{sp} - CM_{gSP}}{2} * (Q_{cp} - Q_{sp})$$

### III. Ampliación del servicio de agua potable

#### A. Comentarios iniciales

La ampliación del servicio de agua potable puede deberse a (i) que se quiere aumentar la cobertura o (ii) se tiene un aumento de la demanda de agua de la población (comunidad) servida, y requieran incorporarse nuevas fuentes para producir más agua. En el primer caso, de ampliación de cobertura, la lógica de análisis económico con el fin de evaluar la conveniencia es la misma seguida que para un proyecto de instalación. En el sentido que la situación 'sin proyecto' es el abastecimiento por medios alternativos tal como el acarreo de una fuente superficial; cuando se trata de proyectos urbanos. En el segundo caso, la ampliación debido a un aumento de la demanda, el análisis económico seguido es el del momento óptimo; y dicho análisis debe tomar en consideración la forma de tarificación del servicio de agua potable. Dado que la tarifa actúa como un regulador de la

cantidad demandada, y esto puede adelantar o postergar la conveniencia del proyecto de ampliación.

El proyecto de ampliación de cobertura siempre conlleva la extensión de las redes de distribución, pero también puede incluir la incorporación de nuevas fuentes de agua, de ahí que haya nuevas obras de captación y conducción, algunas veces. Como sea, los elementos técnicos deben ser abordados adecuadamente en la fase de formulación del proyecto. De dicha fase se derivan las inversiones requeridas, la cobertura incremental en términos de los usuarios, y la demanda de  $m^3$  de agua potable por periodo. Puede por lo tanto, analizarse el proyecto de ampliación desde una perspectiva incremental: inversión y gastos de operación que son incrementales (adicionales a los existentes) y beneficios incrementales (por liberación de recursos y aumento de consumo) de los nuevos usuarios.

No obstante este análisis incremental ha de tomarse en cuenta lo que ocurre con los usuarios actuales ('sin proyecto'). Puede pasar que debido a la capacidad de producción de las fuentes de agua existente y nuevas, el consumo de los usuarios actuales se vea perjudicado. Todos esos elementos han de precisarse en la formulación del proyecto, para así hacer un análisis económico y una evaluación mejor.

Debido a la importancia de la tarificación en el servicio de agua para la evaluación socioeconómica, se destinarán algunas líneas e ideas en las secciones específicas subsiguientes.

### ***B. La Tarificación***

La idea inicial de la tarificación en los servicios públicos (básicos) es poder intervenir en donde el mercado falla. El mercado falla en varias situaciones, entre ellas, cuando existen economías de escala muy significativas, bienes o servicios que no son transables y sin (o pocos) sustitutos, inversiones (costos hundidos) también significativos por su magnitud económica, facilidades esenciales que no tienen usos alternativos. Estas características las tienen las denominadas industrias de red, tales como, la energía, las telecomunicaciones y el agua potable.

Las industrias de red se han denominado monopolios naturales. El nombre quiere transmitir el hecho que sus características impiden la existencia de competencia, como en otros mercados, como el de los *commodities*. Sin pretender profundizar demasiado en la temática, vale la pena tener en mente que estos monopolios deben regularse para maximizar el bienestar social, y las tarifas (o precios regulados) son uno, entre muchos otros, mecanismos de hacerlo.

Regresando al mercado de agua potable, en el ciclo de producción y servicio descrito antes, puede decirse que en la etapa de producción de agua puede haber competencia, pero no así en la conducción y distribución, en las que son típicamente monopolios. De ahí que deba tarifarse. Los principios de la tarificación son: (i) eficiencia, en el sentido que ésta refleje el costo real de abastecimiento de agua. La idea es que todos los clientes con igual costo de abastecimiento tienen igual tarifa. (ii) Rentabilidad normal, la tarifa debe permitir financiar la inversión, los gastos fijos y variables, y permitir una renta normal ( $VAN=0$ ); (iii) simplicidad, la tarifa da información útil para que el consumidor adopte sus decisiones de consumo (regula su consumo) y (iv) equidad, nadie debe quedar por debajo del consumo mínimo dada la tarifa fijada, y de ser necesario se entrega un subsidio.

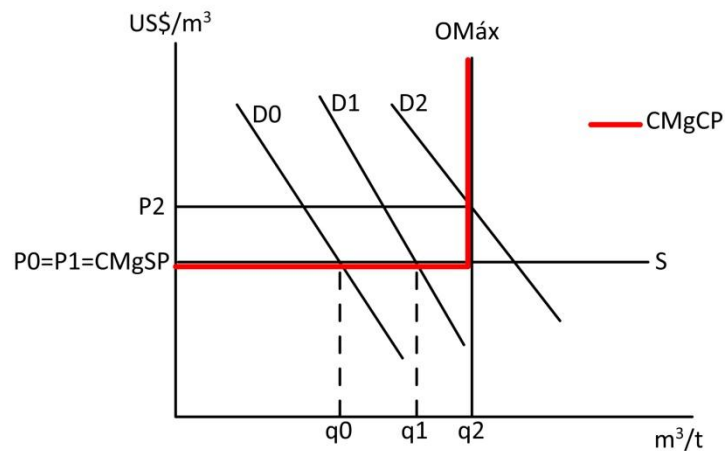
La literatura económica muestra varias formas de tarificar y aporta evidencia empírica sobre los efectos en el bienestar de tales tarifas. Entre las formas de tarificar, la más conocida es la de costo marginal, de corto plazo y largo plazo. También hay una tarificación o fijación de precios denominada Precios de Ramsey, y tarificaciones por tramo, entre otras, teniendo todas en común el hecho de considerar el costo marginal de producir en el momento de la tarificación.

#### *1. Tarificación a costo marginal de corto plazo*

La figura 23 muestra la tarifa a costo marginal de corto plazo (CMgCP), que es igual al costo ***marginal social de producción*** (CMgSP). El CMgSP corresponde a los costos variables de producción de cada  $m^3$  de agua, entre otros, energía, insumos, y mano de obra variable. El principio económico detrás del CMgCP es que en el corto plazo el *capital* (*capacidad máxima de producción*) es fijo, y los costos de producción son variables.

Obsérvese que con los precios  $P_0$  y  $P_1$ , la cantidad demandada es menor que la oferta máxima del sistema de agua potable ( $OM_{\text{máx}}$ ), de ahí que  $P_0$  y  $P_1$  sean iguales a  $CMgSP$ . Pero cuando la demanda crece hasta  $D_2$ , el precio (tarifa) debe ser mayor ( $P_2$  en la figura), de lo contrario habría una demanda excedente. Con el precio  $P_2$  la cantidad demandada es igual a la oferta máxima disponible. Evidentemente, no podría estarse en una situación de demanda excedente, entre otras cosas porque no existe la posibilidad de ‘importar’ el agua. La tarifa a costo marginal de corto plazo asegura que la oferta sea igual o mayor que la cantidad demandada.

**Figura 23. Tarifa a costo marginal de corto plazo**



La tarifa de  $CMgCP$  cumple con los principios de tarificación, y sobre todo es eficiente. Pero tiene su principal desventaja en su variabilidad, puesto que se supone debe corresponder al  $CMgSP$ , y por tanto está expuesta a los cambios de los precios de los factores de producción variables. Este hecho hace no factible este tipo de tarificación. Por otro lado, como se observa en la figura 23, cuando la demanda es mayor que la oferta máxima debe subirse el precio.

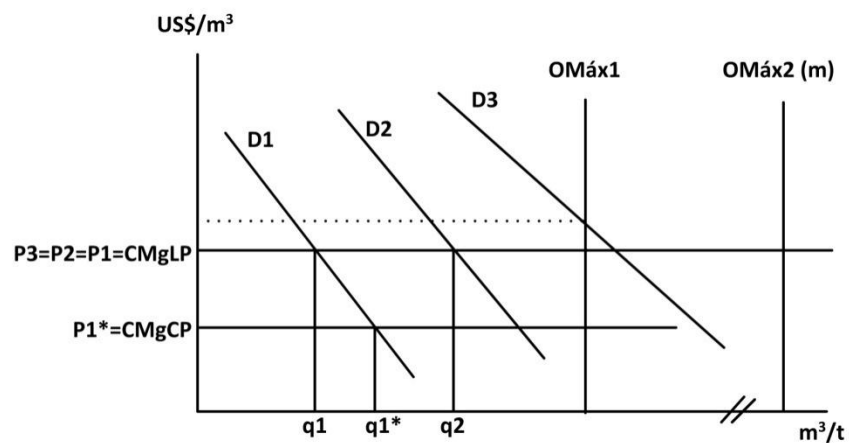
## 2. Tarificación a costo marginal de largo plazo

La tarifa a costo marginal de largo plazo ( $CMgLP$ ) parte de la premisa que se busca un precio real estable. La idea es que siempre la cantidad demandada a ese precio tendrá oferta disponible, es decir, será abastecida. Esto marca una diferencia sustantiva con la

tarificación a costo marginal de corto plazo. En el largo plazo el capital es variable (la capacidad de producción puede modificarse), así como los costos de producción.

En la figura 24 se representa la tarifa a CMgLP, que está explicada por la oferta máxima del proyecto y el crecimiento de la demanda, en un horizonte de planeación dado. Nótese que si se tarifara a CMgCP ( $P1^*$ ) el consumo socialmente óptimo del primer año sería  $q1^*$ , una cantidad mayor que la resultante de la tarifa a CMgLP. Por la contra, cuando la demanda es D3, con la oferta máxima ( $OMáx1$ ), el precio tendría que subir por encima incluso del precio a CMgLP. Si se tiene un horizonte de planeación 'm', puede evitarse durante ese horizonte tener precios variables, y en su lugar tener una tarifa estable.

Figura 24. Tarifa a CMgLP en un horizonte (m) de planeación



La tarifa a CMgLP debe ser capaz de 'pagar' las inversiones, los gastos de operación y mantenimiento y un valor residual de la inversión. Por 'pagar' entiéndase obtener una rentabilidad normal, es decir, que el VAN del proyecto sea 'cero'. Si el horizonte de planeación es 'm', la tasa de renta normal exigida es 'r', la cantidad consumida 'q', y el horizonte de evaluación 'n' ( $n < m$ ), entonces, la tarifa de largo plazo viene dada por la expresión (7).

$$(7) Tarifa = \frac{\sum_{t=0}^m \frac{I_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=n}^n \frac{VR_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^n \frac{GO\&M_t}{(1+r)^t} \text{ US\$}}{\sum_{t=1}^n \frac{q_t}{(1+r)^t}} \frac{1}{m^3}$$

### ***C. Metodología de evaluación***

El proceso de evaluación de un proyecto de ampliación del servicio de agua potable debido a un aumento de la demanda, tiene como partida establecer la situación 'sin proyecto', en términos de la tarifa (precio) y la cantidad consumida. Es importante determinar si la tarifa establecida refleja los costos sociales de producción del agua, si es una tarifa de corto plazo o de largo plazo, puesto que la tarifa tiene efectos sobre las cantidades consumidas y por lo tanto, sobre la decisión de ampliar o no.

Cuando la tarifa es de costo marginal de corto plazo, el criterio de evaluación es el del momento óptimo que corresponde con el indicador Tasa Instantánea de Rentabilidad (TRI). La ampliación genera un beneficio por aumento de consumo y un costo por uso de recursos para producir los  $m^3$  adicionales consumidos. La TRI mide si la renta inmediata derivada de los beneficios es mayor que la renta normal exigida al proyecto. El periodo (año, típicamente) en el que ocurre dicha condición es cuando el proyecto debe estar operando, por lo tanto, si la inversión tarda un año, debe invertirse un año antes, y si tarda dos años, pues dos años antes.

La figura 25 muestra lo comentado. En la situación 'sin proyecto' la tarifa a CMgCP es  $P_1$ , que es igual al CMgSP. Dada la demanda  $D_1$ , la cantidad consumida es  $q_1$ . El equilibrio 'sin proyecto' viene dado por el par  $(P_1, q_1)$ . Como resultado del crecimiento de la población, del nivel de ingresos u otras variables que afectan a la demanda, ésta crece de  $D_1$  a  $D_2$ . Siendo la tarifa  $P_1$ , la cantidad demanda resulta ser  $q^*$ , cantidad mayor que la oferta máxima disponible 'sin proyecto' ( $OM_{\text{máx}1}$ ); por lo cual tendría que cobrarse un precio (tarifa) mayor, conocido como precio de restricción, el cual tendría que ser igual a  $P^*$ , para que la cantidad demandada sea igual a la oferta disponible. Esto motiva la siguiente pregunta ¿conviene ampliar la capacidad? La respuesta se obtiene realizando un análisis de beneficio-costos, que puede ser sintetizado en la TRI. Si se amplía la capacidad y el CMgSP es como se muestra en la figura 25, entonces, el consumo podría aumentar hasta  $q_2$ , con lo cual se obtiene un beneficio por aumento de consumo, mismo que se mide bajo la curva de demanda. Como es obvio, este consumo adicional tiene un costo de



producción, resultando como beneficio neto el área sombreada. Ese beneficio neto se calcula como se enseña en la expresión (8).

$$(8)BN = \frac{P^* - CMgSP}{2} * (q_2 - q^*)$$

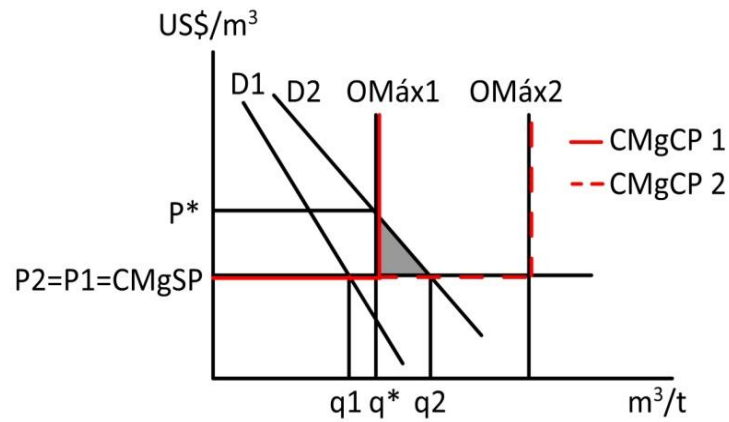
Si la tasa de renta normal exigida es 'r\*', el momento óptimo para ampliar el sistema de agua potable viene dado por el cumplimiento de la condición indicada en la expresión (9). Este análisis debe hacerse para un periodo dado 't', que puede ser un año. La idea detrás de la expresión es saber si los beneficios derivados por el proyecto en su primer año de operación (t), son mayores que el costo de oportunidad de la inversión (I\*r), o alternativamente, en forma de tasa, si la tasa de renta inmediata o instantánea es mayor que la tasa de renta exigida.

$$(9)TRI = \frac{BN}{Inversión}; \text{ocurriendo que:}$$

$$\begin{cases} \text{si } TRI > r, \text{ debe invertirse} \\ \text{si } TRI < r, \text{ debe postergarse} \end{cases}$$

Como puede anticiparse, el tamaño de la inversión en capacidad adicional es otra decisión relevante. ¿Para qué capacidad ampliar?, ¿para atender la demanda estimada en cinco, diez, quince años?. Primero debe tomarse la decisión de tamaño óptimo (la alternativa que maximiza el VAN), y luego, el momento óptimo de ampliar.

Figura 25. Beneficio social neto por ampliar el servicio de agua potable



Lo explicado hasta este punto es cuando la tarifa es a costo marginal de corto plazo. Si por lo contrario, la tarifa fuese a costo marginal de largo plazo, no se invierte en función de la TRI, sino que en función de los requerimientos; haciendo que el plan de inversiones sea muy simple, pues se torna un problema físico y no económico. Básicamente se invierte cuando se requiere.

#### IV. Mejoramiento del servicio de agua potable

##### A. Comentarios iniciales

El mejoramiento del servicio de agua potable puede tener dos vectores de intervención, el primero, persigue mejorar la calidad del servicio, y el segundo, la disminución de las pérdidas o mejora de la eficiencia del sistema.

La calidad del servicio está relacionada con las variables de presión del agua, disponibilidad del suministro, y la potabilidad. El segundo radica en la diferencia entre el agua producida y el agua consumida. Dicha diferencia (pérdida) tiene dos razones, las técnicas y las comerciales. Las pérdidas técnicas se explican por la evaporización, las filtraciones en la red de conducción y distribución, y el rebalse de los reservorios.

Por su lado, las pérdidas comerciales se deben a problemas en la micro medición (submedición) y a conexiones ilegales. La diferencia entre la producción y el consumo se

denomina Agua No Contabilizada (ANC). Internacionalmente se acepta una ANC en torno al 30%. Niveles mayores han de corregirse con proyectos de mejoramiento de la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua potable.

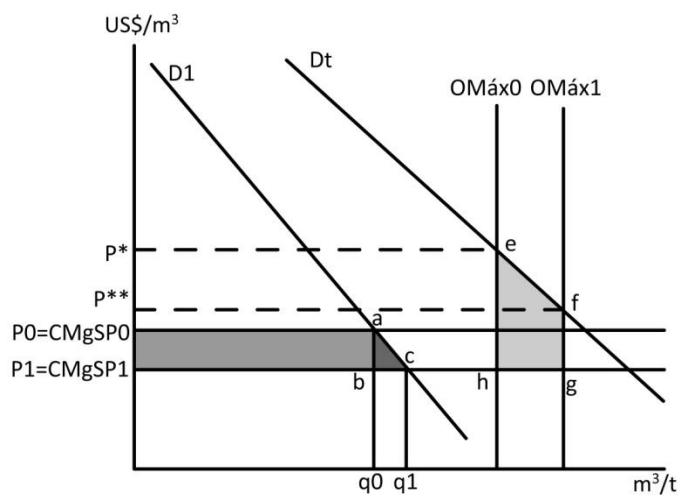
### ***B. Metodología de evaluación***

La primera tipología de proyectos de mejoramiento, referidos a la calidad del servicio, está asociada muchas veces a normas establecidas por la autoridad que regula el servicio. Tal como la potabilidad del agua. Por lo que concierne a las normas y su cumplimiento, partiendo del principio que la norma debe cumplirse y del supuesto que la norma refleja un óptimo social, la evaluación de acciones para cumplir normas han de evaluarse siguiendo criterios de costo-eficiencia. Para ello deben plantearse alternativas técnicas y comparar los costos, convirtiéndolos en algún indicador de eficiencia, tal como el costo anual equivalente por usuario beneficiado. Aquella alternativa de menor costo es la mejor.

Para mejorar la presión del agua y la disponibilidad del servicio (que debería ser continuo, las veinticuatro horas del día), deben hacerse inversiones en infraestructura, incluso incorporar nuevas fuentes de agua. Este tipo de proyectos pueden evaluarse siguiendo la metodología de ampliación del suministro con aumento en el consumo.

La segunda tipología de proyectos, los de mejora de la eficiencia del sistema, podrían provocar un aumento de la oferta máxima del sistema (postergando la ampliación), aumento en el consumo y reducción de los costos de producción. La figura 26 muestra los posibles efectos del proyecto de eficiencia. En la situación 'sin proyecto' el equilibrio viene dado por el  $CMgSP_0$  y la cantidad  $q_0$ . Debido al proyecto que baja los costos de producción, pasando a  $CMgSP_1$ , aumento el consumo hasta  $q_1$ . El beneficio debido al proyecto tiene dos componentes: (i) liberación de recursos (área  $P_0abP_1$ ), dado que los  $q_0$  ( $m^3$  de agua) inicialmente consumidos ahora tienen un costo de producción menor, y (ii) aumento de consumo (área  $abc$ ).

Figura 26. Beneficios del proyecto de mejoramiento de la eficiencia (reducción de pérdidas)



En la misma figura 26 se ha querido mostrar que pasaría eventualmente con la decisión de ampliar el sistema. Tal y como se ha dicho esto se postergaría. Parece evidente, pues la producción disponible de agua aumentaría. En la figura se muestra la demanda en un periodo 't', y la oferta máxima 'sin proyecto' (OMáx0). Sin el proyecto de eficiencia, el precio de restricción tendría que ser P\* para que el consumo fuese igual a la oferta disponible; pero debido al proyecto de eficiencia que aumenta la oferta máxima hasta OMáx1, el precio de restricción baja a P\*\* permitiendo un aumento de consumo igual a OMáx1 menos OMáx0. El área efg muestra ese beneficio que ha sido medido bajo la curva de demanda.

## V. Evaluación de los Proyectos de Saneamiento

Como se ha anticipado, los proyectos de saneamiento persiguen eliminar adecuadamente las aguas servidas. El proceso inicia con la generación de las aguas servidas, su conducción, tratamiento y disposición final. Desde una perspectiva técnica, las posibilidades para eliminar las aguas servidas son diversas, incluso más en el ámbito rural, en la que se tienen soluciones individuales o colectivas comunitarias, muchas de ellas pensadas en dar un uso productivo a los desechos, tales como las letrinas aboneras.

Desde una perspectiva de evaluación, los proyectos de saneamiento se evalúan con criterios de costo-eficiencia, teniendo el supuesto que los proyectos son rentables y que todas las alternativas producen igual beneficio. Es evidente que pueden identificarse beneficios asociados con la eliminación de las aguas servidas, vinculados principalmente a la mejora de la salud y de las condiciones medioambientales, por reducción de la contaminación. Pero la valoración de dichos beneficios es compleja y costosa. De ahí que muchas veces es preferible elegir por mínimo costo.

En el caso del tratamiento de las aguas servidas es factible realizar un análisis por beneficio-costos, por cuanto las aguas tratadas pueden tener usos alternativos, tales como el riego agrícola, riego de parques públicos o usos en proceso industriales.

Para elegir por mínimo costo deben formularse técnicamente las alternativas, y cuantificar sus costos de inversión y gastos de operación y mantenimiento. La formulación debe incluir la capacidad del sistema de aguas servidas ( $m^3$ ), y la cobertura (usuarios). El indicador de eficiencia puede expresarse en términos de los  $m^3$  manejados o de usuarios servidos. La expresión (10) sintetiza el criterio, que no es más que el costo anual equivalente de la alternativa en análisis dividido por la variable de eficiencia (usuarios o  $m^3$  manejados). Este procedimiento se hace para cada alternativa y se elige la mejor, que es la de menor costo.

$$(10) \left\{ \min VAE(i) = \left[ \frac{\sum_{t=0}^k \frac{I_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=k}^n \frac{GO\&M_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=k}^n \frac{VariableEficiencia_t}{(1+r)^t}} \right] * \left( \frac{(1+r)^n * r}{(1+r)^n - 1} \right) \right.$$

## VI. Caso práctico: mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable en Rivas<sup>2</sup>

### A. Situación 'sin proyecto'

La fuente para el abastecimiento de agua potable de la ciudad Rivas son los acuíferos de la denominada Sub-Provincia hidrogeológica Planicie Nandaime – Rivas, en la que la ciudad está emplazada. Las aguas subterráneas inician desde las cimas y laderas de la Serranía de Brito (al oeste) y una vez infiltradas, se mueven subterráneamente y alimentan a la planicie, y finalmente descargan en el Lago Cocibolca.

En el año 2010 la producción de agua ascendió a 2.74 millones de m<sup>3</sup> y el consumo facturado a 1.44 millones de m<sup>3</sup>. El índice de cobertura del sistema de abastecimiento de agua potable en el 2010 se estimó cercano al 70.44%, calculado como la fracción de la población conectada legalmente (26,714 habitantes) del total de la población en la ciudad de Rivas estimada en 37,924 habitantes en ese año. La Tabla 7 muestra el total conexiones según categoría y tipo, el consumo factura y la población servida.

Tabla 7. Conexiones, consumo facturado y población servida

Categoría	Cantidad	%	Consumo Facturado (m <sup>3</sup> )	Población servida
<b>Conectados legalmente</b>	<b>5,890</b>	<b>84.00%</b>	<b>1,446,490</b>	<b>26,714</b>
Industrial	9	0.13%	1,530	
Comercial	552	7.87%	154,380	
Gobierno	60	0.86%	75,700	
Domiciliar medido	3,803	54.24%	951,000	19,281
Domiciliar no medido	1,466	20.91%	263,880	7,433
<b>Conectados ilegalmente</b>	<b>1,122</b>	<b>16.00%</b>		<b>5,689</b>
<b>Total</b>	<b>7,012</b>	<b>100.00%</b>		<b>32,403</b>

La diferencia entre la producción y el consumo es el Agua No Contabilizada (ANC), estimada en 1.30 millones de m<sup>3</sup>, lo que significa el 47% de la producción. El ANC

<sup>2</sup> Basado en el proyecto del mismo nombre preparado y evaluado por ENACAL con la asesoría de la Dirección de Pre inversión de la DGIP. Se expondrán los datos relevantes para ejemplificar la metodología de evaluación, sin hacer énfasis en los aspectos técnicos de formulación.

incorpora pérdidas técnicas (fugas, estimadas en 20%) y pérdidas comerciales (conexiones ilegales, déficit de micro medición y morosos, estimadas en 27%). Las pérdidas comerciales se estiman restando de la producción total a la pérdida técnica, y luego el consumo facturado, tal y como se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8. Estimación de la pérdida comercial**

A	Producción total (m <sup>3</sup> /año)	2,740,000
B=A*20%	Pérdida técnica (20%)	548,000
C=A-B	Producción disponible a consumo	2,192,000
D	Consumo domiciliario facturado	1,214,880
E	Consumo no domiciliario facturado	231,610
F=C-D-E	Pérdida comercial (consumo no facturado)	745,510
<b>G=F/A</b>	<b>(%) Pérdida comercial</b>	<b>27.21%</b>

El índice de hacinamiento (cantidad de personas por conexión-vivienda) en la ciudad de Rivas se estima en 5.07, con lo cual el consumo por conexión domiciliar es de 19.21 m<sup>3</sup> por mes. Esto se obtiene de dividir la suma del consumo domiciliar por dicho índice de hacinamiento.

Como puede observarse el consumo actual por conexión domiciliar, que equivale a 126 litros-persona por día (lpd), es una dotación por debajo de la normativa, pero más allá de las normas, es un consumo deficitario para el adecuado desarrollo de las actividades domésticas y productivas de las familias rivenses.

Ese bajo consumo está explicado en parte por las pérdidas técnicas, pero también por la capacidad de producción del sistema de abastecimiento de agua, condicionado especialmente por la capacidad de los pozos que tienen un caudal conjunto de 99.7 litros por segundo (lps), con un intenso régimen de bombeo, entre 18 y 24 horas; que significa una producción diaria entre 6,460 m<sup>3</sup> y 8,614 m<sup>3</sup>.

De los 6 pozos, 3 han vencido su vida útil, 2 tienen vida residual de 14 años, y el sexto tiene solo dos años en operación. Véase Tabla 9.

Tabla 9. Capacidad de producción de los pozos

Pozo	Edad (años)	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	Equipo de bombeo(HP)
Chatilla 2	35	1,592	40
Chatilla 4	27	1,308	30
Chatilla 5	27	1,412	30
Chatilla 6	12	1,463	40
Chatilla 7	12	719	25
Chatilla 8	2	2,120	60
<b>Total</b>		8,614	

Además hay dificultades en la capacidad de almacenamiento, se dispone de tres pozos con capacidad total de 1,972 m<sup>3</sup>, pero uno de ellos, con capacidad de 572 m<sup>3</sup>, está fuera de operación por tener fugas en varios sitios. Es decir, que la capacidad de almacenamiento está reducida en un 29% respecto de lo instalado.

En resumen la operación del sistema de agua potable en la ciudad de Rivas presenta las siguientes problemáticas:

- (i) El 16% de las viviendas conectadas al sistema, lo está ilegalmente;
- (ii) El 20.91% del total de conexiones no tiene medidor;
- (iii) Las pérdidas técnicas son del 20%, y las comerciales del 27%, para un nivel de ANC del 47%;
- (iv) La capacidad de producción de los pozos permite una dotación de 126 lpd;
- (v) Tres de los seis pozos, que significan el 59% de la capacidad de producción, están con sus vidas útiles vencidas;
- (vi) La capacidad de almacenamiento está reducida en un 29%.

La proyección de la situación actual implica un incremento de la cantidad demandada de agua, frente a una oferta fija, con tendencia a decrecer por la obsolescencia de los pozos. De acuerdo al análisis técnico del estado de los pozos, los tres con vidas vencidas podrían continuar operando hasta 2020, luego, deberán ser reemplazados para mantener la misma capacidad de producción actual. Con una tasa de crecimiento de la población del



2.1% anual, la dotación per cápita y la cobertura disminuirían como se muestra en la Tabla 10. Se ha usado el ritmo histórico de crecimiento de las conexiones a razón de 50 por año. En el 2019 se tendría que invertir en los tres pozos más viejos para asegurar el mismo nivel de producción.

**Tabla 10. Proyección de las dotaciones (consumos) domiciliarias 'sin proyecto'**

<b>Año</b>	<b>Población total</b>	<b>Población servida (legales)</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Conexiones domiciliarias</b>	<b>Dotación conexiones domiciliarias (lpd)</b>
2010	37,924	26,714	70.44%	5,269	126.33
2011	38,720	26,967	69.65%	5,319	125.14
2012	39,533	27,221	68.86%	5,369	123.97
2013	40,363	27,474	68.07%	5,419	122.83
2014	41,211	27,728	67.28%	5,469	121.71
2015	42,076	27,981	66.50%	5,519	120.6
2016	42,960	28,235	65.72%	5,569	119.52
2017	43,862	28,488	64.95%	5,619	118.46
2018	44,783	28,742	64.18%	5,669	117.41
2019	45,723	28,995	63.42%	5,719	116.39
2020	46,683	29,249	62.65%	5,769	115.38
2021	47,663	29,502	61.90%	5,819	114.39
2022	48,664	29,756	61.15%	5,869	113.41
2023	49,686	30,009	60.40%	5,919	112.45
2024	50,729	30,263	59.66%	5,969	111.51
2025	51,794	30,516	58.92%	6,019	110.59
2026	52,882	30,770	58.19%	6,069	109.67
2027	53,993	31,023	57.46%	6,119	108.78
2028	55,127	31,277	56.74%	6,169	107.9
2029	56,285	31,530	56.02%	6,219	107.03
2030	57,467	31,784	55.31%	6,269	106.18

De acuerdo a la información de costos de producción de ENACAL, el costo social de producir cada m<sup>3</sup> de agua en Rivas se acerca a US\$ 0.26. La situación 'sin proyecto' viene dada por el par consumo-costos. La tarifa cobrada por ENACAL en la ciudad de Rivas es cercana a US\$ 0.40 por m<sup>3</sup>, por encima al costo social de producción. Esta tarifa es ineficiente desde el punto de vista social.

Una medida de optimización podría ser modificar la tarifa, igualándola al costo social de producción, no obstante, es una medida no viable en la práctica por los elementos regulatorios detrás del cambio tarifario. Otra medida de optimización podría ser disminuir las conexiones ilegales, y con ello la pérdida comercial, no obstante dicha medida no afectaría la capacidad real de producción, y sus efectos serían más bien financieros, puesto que aumentarían los ingresos por cobro tarifario de ENACAL, y no necesariamente tendría efectos sobre el bienestar. La hipótesis que podría argüir beneficios sociales, es que debido a las conexiones ilegales, hay derroche de agua de parte de esos consumidores ilegales, reduciendo la cantidad de agua disponible para el resto. Es una hipótesis plausible, pero no hay datos para soportarla, o estimar que tanto ‘derrochan’ esos consumidores ilegales. De hecho si se analizan a fondo los datos de las Tabla 4 y 5, se obtiene que el consumo per cápita -aparente- de los consumidores ilegales es de apenas 71.80 lpd, menor que el consumo de los consumidores legales estimado en 126 lpd. Se dice aparente por que el número de conexiones ilegales es una estimación, cosa que podría estar subestimada, muy probablemente.

De todo lo anterior, para efectos del caso, se supondrá como situación ‘sin proyecto’ (actual, proyectada y optimizada) mantener operando los seis pozos hasta 2020, y reemplazar los tres más ‘viejos’ en 2019. La meta es mantener el mismo nivel de producción que el actual. El costo económico del reemplazo de los tres pozos viejos asciende a US\$ 700,000.00, incluyendo ingeniería y diseño.

### ***B. Situación ‘con proyecto’***

El proyecto tiene el fin de aumentar la cobertura del servicio de abastecimiento de agua potable, pasando del 70% al 100% a partir del 2018; y la dotación (consumo), de 125 lpd a 180 lpd en el 2022, y a 200 lpd a partir del 2022, hasta el 2027, para luego incrementar a 210 lpd, hasta el 2030. Véase la Tabla 11.

Tabla 11. Cobertura, dotación y producción 'con proyecto'

Año	Población total	Cobertura	Población servida	Conexiones domiciliarias	Dotación domiciliar (lpd)	Consumo domiciliar (m <sup>3</sup> /año)	Otro consumo (m <sup>3</sup> /año)	Pérdida (%)	Producción (m <sup>3</sup> /año)
2010	37,924	70.44%	26,714	5,269	126.33	1,214,880.00	231,610.00	47.21%	2,740,000.00
2011	38,720	69.65%	26,967	5,319	125.14	1,214,880.00	231,610.00	47.21%	2,740,000.00
2012	39,533	68.86%	27,221	5,369	123.97	1,214,880.00	231,610.00	47.21%	2,740,000.00
2013	40,363	68.07%	27,474	5,419	122.83	1,214,880.00	231,610.00	47.21%	2,740,000.00
2014	41,211	67.28%	27,728	5,469	121.71	1,214,880.00	231,610.00	47.21%	2,740,000.00
2015	42,076	70%	29,453	5,809	150	1,612,551.75	306,384.83	40%	3,198,227.64
2016	42,960	100%	42,960	8,473	150	2,352,060.00	446,891.40	35%	4,306,079.08
2017	43,862	100%	43,862	8,651	160	2,561,540.80	486,692.75	30%	4,354,619.36
2018	44,783	100%	44,783	8,833	170	2,778,785.15	527,969.18	25%	4,409,005.77
2019	45,723	100%	45,723	9,018	180	3,004,001.10	570,760.21	25%	4,766,348.41
2020	46,683	100%	46,683	9,208	180	3,067,073.10	582,743.89	25%	4,866,422.65
2021	47,663	100%	47,663	9,401	180	3,131,459.10	594,977.23	25%	4,968,581.77
2022	48,664	100%	48,664	9,598	180	3,197,224.80	607,472.71	25%	5,072,930.02
2023	49,686	100%	49,686	9,800	200	3,627,078.00	689,144.82	25%	5,754,963.76
2024	50,729	100%	50,729	10,006	200	3,703,217.00	703,611.23	25%	5,875,770.97
2025	51,794	100%	51,794	10,216	200	3,780,962.00	718,382.78	25%	5,999,126.37
2026	52,882	100%	52,882	10,430	200	3,860,386.00	733,473.34	25%	6,125,145.79
2027	53,993	100%	53,993	10,650	200	3,941,489.00	748,882.91	25%	6,253,829.21
2028	55,127	100%	55,127	10,873	210	4,225,484.55	802,842.06	25%	6,704,435.49
2029	56,285	100%	56,285	11,102	210	4,314,245.25	819,706.60	25%	6,845,269.13
2030	57,467	100%	57,467	11,335	210	4,404,845.55	836,920.65	25%	6,989,021.61

El sistema propuesto de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Rivas, incluye además de los pozos de Chatilla, que aportan 99.7 lps, la derivación en el corto plazo de 100 lps del acueducto de San Juan del Sur. Para ello se instalará una tubería con 8.5 km de longitud y 500 mm de diámetro. Luego a partir del 2020, se incrementa el caudal en 100 lps, requiriéndose 450 m de línea de aducción de 500 mm, una estación de bombeo de 63 kW; ampliación de la planta de tratamiento y estación de bombeo de 200 lps. En lo concerniente al almacenamiento, se rehabilitarán los tanques actuales, y se construirá en el corto plazo otro con capacidad de 3,398 m<sup>3</sup> al sureste de la ciudad, para recibir el caudal de 100 lps de San Juan del Sur, y para 2020, se construirá un segundo tanque con capacidad de 2,114 m<sup>3</sup>.

Como puede apreciarse en la Tabla 11, hasta el 2015 se da el aumento en cobertura y en dotación per cápita, esto es porque la inversión se ha planificado entre el 2012 y 2014. Luego, el segundo momento de inversiones ocurrirá en el 2020. Los rubros de inversión y su costo económico se presentan en la Tabla 12.

**Tabla 12. Inversiones ‘con proyecto’ –Dólares-**

Rubro	Costo económico	
	2012-2014	2020
<b>Ingeniería y administración</b>	<b>415,000.00</b>	<b>463,000.00</b>
Diseño final	115,000.00	
Administración de contratos	46,000.00	76,000.00
Supervisión de obras	231,000.00	350,000.00
Auditoría	23,000.00	37,000.00
<b>Construcción de obras</b>	<b>3,339,870.00</b>	<b>5,899,501.36</b>
<i>Producción Chatilla</i>	-	300,000.00
Sustitución de pozos Chatilla 6 y 7	-	120,000.00
Rehabilitación estaciones de bombeo Chatilla 6 y 7	-	180,000.00
<i>Producción Lago de Nicaragua</i>	1,100,000.00	1,608,250.00
Tubería de aducción	-	98,250.00
Estación de bombeo captación (220 l/s)	-	235,000.00
Impulsión captación - planta de tratamiento	-	200,000.00
Ampliación planta de tratamiento	-	820,000.00
Línea de impulsión 500 mm (planta-tanque)	1,100,000.00	-

Tabla 12. Inversiones ‘con proyecto’ –Dólares-

Rubro	Costo económico	
	2012-2014	2020
Ampliación estación de bombeo planta tratamiento	-	255,000.00
<i>Almacenamiento</i>	815,770.00	422,800.00
Rehabilitación y mejoras a tanques existentes	136,170.00	-
Tanque de almacenamiento Sur	679,600.00	-
Tanque de almacenamiento Sur	-	422,800.00
Impulsión, conducción y distribución	1,314,100.00	2,897,218.36
Impulsión Chatilla 2,4,5,8 tanques	-	950,000.00
Conducción Tanque Sur	335,000.00	-
Red de distribución Zona Baja	219,100.00	335,056.00
Red de distribución Zona Alta	430,000.00	632,162.36
Remoción y restauración de pavimentos	330,000.00	980,000.00
<i>Conexiones de servicio</i>	110,000.00	220,000.00
Conexiones de servicio 2013-2020	110,000.00	-
Conexiones de servicio 2020-2030	-	220,000.00
<b>Predios y servidumbres de pase</b>	<b>4,000.00</b>	-
<b>Total</b>	<b>3,758,870.00</b>	<b>5,911,268.36</b>

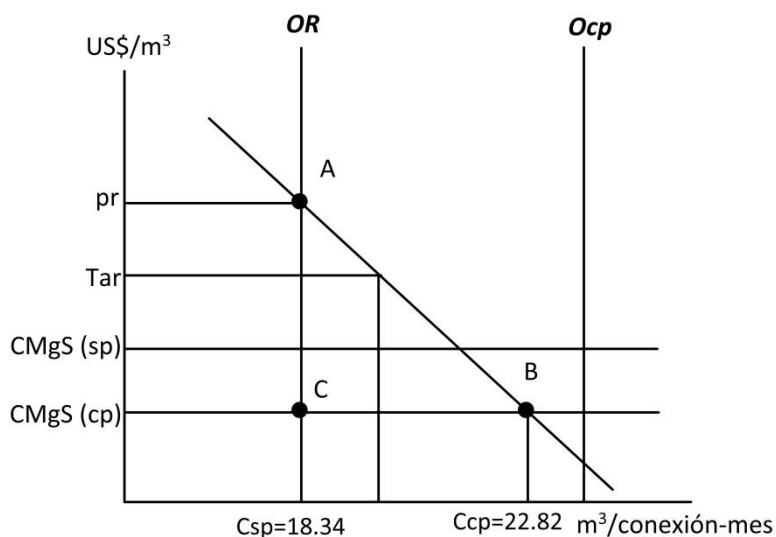
De acuerdo al análisis de los costos de producción ‘con proyecto’, el costo social de producir cada m<sup>3</sup> de agua potable será de US\$ 0.18, entre el 2015 y 2020, y de US\$ 0.16 entre 2021 y 2030.

### **C. Evaluación del proyecto**

Como se ha descrito en la metodología de evaluación, debe tenerse identificada la situación ‘sin proyecto’, comparada con la situación ‘con proyecto’, en términos del consumo, tarifa y costos sociales de producción. La Figura 27, muestra ambas situaciones para el año 2015, primer año, en que opera el proyecto. Puede observarse que la cantidad consumida (dotación por conexión), es mayor ‘con proyecto’ (Ccp) que ‘sin proyecto’ (Csp), también se aprecia que la tarifa vigente (US\$ 0.40 por m<sup>3</sup>), está por encima que el costo social de producción ‘sin proyecto’ (CMgSP(sp): US\$ 0.35 por m<sup>3</sup>), el cual es a su vez mayor que el costo ‘con proyecto’ (CMgSP (cp): US\$ 0.18 por m<sup>3</sup>).

El hecho que la tarifa sea mayor que el costo de producción ‘sin proyecto’ ocasiona una ineficiencia, puesto que el consumo está por debajo que lo socialmente óptimo, si es que se tarifara a costo marginal. También se ha representado en la Figura 27, una oferta restringida, que es la oferta a la que acceden los consumidores conectados legalmente, debido a la ineficiencia operativa del sistema, dada por las pérdidas técnicas y las pérdidas comerciales. Es así que la valoración marginal de los m<sup>3</sup> de agua consumida ‘sin proyecto’, denominada *pr*, es mayor que la tarifa (*Tar*) pagada por los consumidores legales.

Figura 27. Equilibrio ‘sin proyecto’ vs ‘con proyecto’



Para estimar *pr* se calcula el incremento porcentual entre la cantidad consumida ‘sin’ versus ‘con proyecto’, haciendo uso la elasticidad-precio de la demanda ( $\eta$ ) en Rivas, estimada -0.15. El proceso seguido para estimar *pr* es:

$$pr = \left(1 + \frac{\Delta C\%}{\eta}\right) * CMgS(cp)$$

La Tabla 10 muestra las conexiones y dotaciones ‘sin’ y ‘con proyecto’, además de los valores incrementales de ambas variables. Asimismo, se ha estimado el incremento porcentual del consumo ( $\Delta C\%$ ) y *pr*.

El beneficio social neto mensual por conexión, se deduce de la Figura 27. En ella puede verse que el primer beneficio es el beneficio bruto por aumento de consumo corresponde al área bajo la curva de demanda (D), comprendida entre el consumo 'sin proyecto' y 'con proyecto'. Ese consumo tiene un costo de producción, que es el producto del costo marginal de producción 'con proyecto' por el incremento de consumo. La diferencia entre el beneficio bruto y el costo de producir ese consumo adicional, es el beneficio neto por aumento de consumo. El segundo beneficio es el beneficio por ahorro de recursos, puede verse que producir los mismos m<sup>3</sup> consumidos en la situación 'sin proyecto', resulta menos costoso, hay un ahorro por cada m<sup>3</sup> producido, que corresponde a la diferencia entre el costo 'sin proyecto' y el costo 'con proyecto'. La expresión siguiente sintetiza el cálculo del beneficio.

$$\text{Beneficio} = \frac{[pr + CMgSP(cp)]}{2} * (Ccp - Csp) - CMgSP(cp) * (Ccp - Csp) + [CMgSP(sp) - CMgSP(cp)] * Csp$$

Sustituyendo los valores de la Tabla 10, para el año 2015, se tiene:

$$\text{Beneficio} = \frac{(0.47 + 0.18)}{2} * (22.82 - 18.34) - 0.18 * (22.82 - 18.34) + (0.35 - 0.18) * 18.34;$$

De ello, el beneficio mensual por conexión es de US\$ 3.77. Análogamente se procede para calcular el beneficio de los otros usuarios (industriales, comerciales, gobierno), suponiendo que la valoración marginal (pr) es la misma que los domiciliarios.

Tabla 13. Incremento de consumo y valoración marginal del consumo 'sin proyecto'

Año	Sin proyecto		Con proyecto		Incremento conexiones	Incremento consumo por conexión	ΔC%	pr
	Conexiones	Dotación por conexión (m <sup>3</sup> /mes)	Conexiones	Dotación por conexión (m <sup>3</sup> /mes)				
2012	5,369	18.86	5,369	18.86	-	0.00	0.00%	
2013	5,419	18.68	5,419	18.68	-	0.00	0.00%	
2014	5,469	18.51	5,469	18.51	-	0.00	0.00%	
2015	5,519	18.34	5,809	22.82	290	4.47	24.38%	0.47
2016	5,569	18.18	8,473	22.82	2,904	4.64	25.50%	0.49
2017	5,619	18.02	8,651	24.34	3,032	6.32	35.07%	0.60
2018	5,669	17.86	8,833	25.86	3,164	8.00	44.79%	0.72
2019	5,719	17.70	9,018	27.38	3,299	9.68	54.65%	0.84
2020	5,769	17.55	9,208	27.38	3,439	9.83	56.01%	0.85
2021	5,819	17.40	9,401	27.38	3,582	9.98	57.36%	0.87
2022	5,869	17.25	9,598	27.38	3,729	10.13	58.72%	0.88
2023	5,919	17.10	9,800	30.42	3,881	13.32	77.86%	1.11
2024	5,969	16.96	10,006	30.42	4,037	13.46	79.36%	1.13
2025	6,019	16.82	10,216	30.42	4,197	13.60	80.85%	1.15
2026	6,069	16.68	10,430	30.42	4,361	13.74	82.37%	1.17
2027	6,119	16.55	10,650	30.42	4,531	13.87	83.86%	1.19
2028	6,169	16.41	10,873	31.94	4,704	15.53	94.62%	1.32
2029	6,219	16.28	11,102	31.94	4,883	15.66	96.21%	1.33
2030	6,269	16.15	11,335	31.94	5,066	15.79	97.78%	1.35



Replicando el cálculo para cada una de los años se obtiene el beneficio por conexión-mes. Ese beneficio se lleva a un valor anual, multiplicándolo por el número de conexiones con proyecto, y luego por doce. La Tabla 14 muestra los beneficios anuales, por conexiones domiciliarias y para los otros usuarios, así como las inversiones 'sin y con proyecto'. El flujo neto económico es la diferencia entre el beneficio total anual y el diferencial de las inversiones ('con proyecto' menos 'sin proyecto'). Nótese que no se ha incluido otro costo, dado que el cálculo del beneficio neto ha incorporado los costos sociales de producir el agua.

Con ese flujo neto económico, descontando los flujos a la TSD del 8%, se obtiene un VAN de US\$ 1,015,130.30 y una TIR de 10.43%; concluyéndose que el proyecto es socialmente rentable, por lo que se recomienda su ejecución.

Tabla 14. Flujo neto económico del proyecto –Dólares-

Año	A	B	C= A+B	D	E	F=E-D	G=C-F
	Beneficio anual conexiones	Beneficio anual otro consumo	Beneficio total	Inversión 'sin proyecto'	Inversión 'con proyecto'	Diferencial de inversiones	Flujo Neto Económico (US\$)
2012					415,000	415,000	(415,000.0)
2013					167,1935	1,671,935	(1,671,935.0)
2014					167,1935	1,671,935	(1,671,935.0)
2015	262,968.5	39,373.7	302,342.2				302,342.2
2016	386,347.8	39,373.7	425,721.5				425,721.5
2017	455,981.5	55,106.3	511,087.8				511,087.8
2018	549,651.7	97,230.7	646,882.4				646,882.4
2019	669,001.9	123,019.1	792,021.0				792,021.0
2020	694,599.1	138,961.5	833,560.6	700,000	5,911,268.36	5,211,268.36	(4,377,707.7)
2021	721,098.5	156,088.3	877,186.8				877,186.8
2022	748,716.1	163,077.1	911,793.2				911,793.2
2023	1,073,480.4	209,117.4	1,282,597.8				1,282,597.8
2024	1,115,684.3	218,335.7	1,334,020.0				1,334,020.0
2025	1,159,276.3	261,318.8	1,420,595.2				1,420,595.2
2026	1,204,731.6	272,632.8	1,477,364.3				1,477,364.3
2027	1,251,625.5	284,290.5	1,535,916.0				1,535,916.0
2028	1,514,403.7	324,305.6	1,838,709.2				1,838,709.2
2029	1,573,116.5	337,964.3	1,911,080.8				1,911,080.8
2030	1,633,535.3	374,495.1	2,008,030.4				2,008,030.4

## VI. Caso práctico: Saneamiento de la localidad de Mulukuku-Municipio de Río Blanco, Departamento de Matagalpa<sup>3</sup>

### A. Situación 'sin proyecto'

La localidad de Mulukuku, cabecera del municipio del mismo nombre está ubicada a 245 km al noreste de Managua, a orillas de la Carretera Río Blanco-Siuna. El área urbana de 88 ha (hectáreas) está habitada por cerca de 4,283 personas al año 2010 con 905 viviendas. Esta localidad dispone de los servicios básicos de agua (recientemente mejorado) y energía eléctrica. Por lo que corresponde al saneamiento básico, las excretas son eliminadas principalmente por letrinas que se contabilizan en 864, con 741 en regular estado y 123 en mal estado y no utilizadas y 41 viviendas que defecan al aire libre; tal y como se detalla en la Tabla 15. Las aguas servidas corren libremente por las calles. La carencia del servicio de saneamiento ha derivado en problemas de salud, principalmente diarreas en todos los grupos etarios.

Tabla 15. Estado y Tipo de letrinas

Tipo de Letrinas	Viviendas con letrinas
Tipo tradicional	612
Tipo de Pozo Ventilado	49
Aboneras	176
Otros	27
<b>Total</b>	<b>864</b>

### B. Situación con Proyecto

Con el propósito de mejorar la situación de saneamiento se han formulado dos alternativas técnicas. La primera consiste en un sistema individual (módulo sanitario) que incluye la instalación de un inodoro, y de un sistema de tuberías conectadas al baño, lavamanos y al lavandero, cuyas aguas servidas junto con las excretas del inodoro serían conducidas a dos tanques de sedimentación; y luego esas aguas se conducen a un pozo de absorción. El módulo sanitario tiene un área de 2.83 m<sup>2</sup> (con 3.15 m de largo por 0.9 m de ancho).

El costo de inversión de cada solución individual asciende a US\$ 1,100. El gasto anual de mantenimiento de cada sistema individual (que incluye limpieza de los tanques sépticos,

---

<sup>3</sup> Basado en el proyecto del mismo nombre preparado y evaluado por ENACAL con la asesoría de la Dirección de Pre inversión de la DGIP. Se expondrán los datos relevantes para ejemplificar la metodología de evaluación, sin hacer énfasis en los aspectos técnicos de formulación.

dos veces al año, y reparaciones menores de la caseta del módulo sanitario) asciende a US\$ 25. Debido a la pérdida de la capacidad de infiltración del pozo de absorción (por impermeabilización de sus paredes), éste requerirá labores de mantenimiento y limpieza al sexto año de operación, a un costo de US\$ 150.0

La segunda alternativa denominada sistemas condominiales consiste en una red de tuberías diseñada para captar y conducir las excretas y las aguas servidas. Se diferencia de los sistemas tradicionales de alcantarillado en que las tuberías de recolección pueden instalarse en el patio o por las aceras de las viviendas a profundidades menores a las tradicionales. Estas tuberías así como los dispositivos de visita son de menor tamaño que en el sistema tradicional, conllevando todo ello a un costo de inversión menor. El sistema condominial también incluye un sistema de tratamiento de las aguas servidas.

El sistema condominial tiene una característica especial respecto de su uso, debido al diámetro (reducido) de las tuberías de recolección podrían ocurrir atascos de las aguas servidas, lo que conllevaría la inundación de los patios (o frentes) de las viviendas. Es decir, que el mal uso del sistema por uno de los conectados podría provocar externalidades negativas en el resto de los vecinos. A fin de disminuir la posibilidad de ocurrencia de esas inundaciones, este tipo de proyectos siempre incluye una actividad de capacitación sobre el buen uso del sistema condominial.

El costo de inversión del sistema condominial para atender a 905 usuarios o conexión se estima en US\$ 800,000; costo de las instalaciones intradomiciliar en US\$ 600.0 y el gasto de operación y mantenimiento (que incluye el salario del personal de operación y mantenimiento, herramientas y equipos, análisis de agua, y la limpieza de las obras de tratamiento) en US\$ 35 anuales por usuario. La capacitación tiene un costo de US\$ 50.0.

### ***C. Evaluación del Proyecto***

Para la evaluación del proyecto se ha utilizado una Tasa de Descuento Social (TSD) del 8% y a un periodo de 10 años, los indicadores (CE) obtenidos que se presentan en las Tablas 16 y 17, que corresponden a 203.0 US\$/usuario para la alternativa individual y 263.6 US\$/usuario para la alternativa colectiva, reflejan que la solución individual es de menor costo; aunque ambas tienen como fin la eliminación de charcas, la solución colectiva desde el punto de vista ambiental su impacto es menor, al verter las aguas tratadas en puntos alejados de la población y no reciben el hedor del proceso de depuración de estas

aguas y se evita posibles riesgos de contaminación de pozos de uso familiar que se continúen utilizando.

Tabla 16. Flujo de costos Sistema Individual –Dólares-

Conceptos	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Inversión</b>	<b>995,500.0</b>										
<b>Gastos O&amp;M</b>		<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>158,375.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>
<b>Flujo de costos</b>	<b>995,500.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>158,375.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>	<b>22,625.0</b>
VACS	1,232,861.1										
<b>Usuarios</b>		<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>
VAI	6,072.6										
<b>I (C/E)</b>	<b>203.0</b>										

Tabla 17. Flujo de costos Sistema Condominial –Dólares-

Conceptos	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Inversión</b>	<b>1,388,250.0</b>										
Sistema Condominial	800,000.0										
Instalaciones intradomiciliar	543,000.0										
Capacitación	45,250.0										
<b>Gastos de O&amp;M</b>		<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>
<b>Flujo de costos</b>	<b>1,388,250.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>	<b>31,675.0</b>
VACS	1,600,791.8										
<b>Usuarios</b>		<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>	<b>905.0</b>
VAI	6,072.6										
<b>I (C/E)</b>	<b>263.6</b>										

## **Bibliografía**

### **Leyes**

1. Ley de Administración Financiera y del Régimen Presupuestario, Ley No. 550, República de Nicaragua
2. Ley General de Deuda Pública, Ley No. 477, República de Nicaragua
3. Ley de Igualdad de Derechos y Oportunidades, Ley No. 648, República de Nicaragua
4. Ley de Municipios, Ley No. 40 y su reforma Ley No. 786, República de Nicaragua

### **Documentos y Libros**

1. Belli, P., Anderson J., Barnum, H., Dixon, J., and Tan, Jee-Peng, Economic analysis of investment operations. World Bank Institute.
2. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC), 2010. Guía de evaluación económica de la inclusión de la variable riesgo de desastres en la inversión pública.
3. Criterios Técnicos para el diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales
4. Dirección General de Inversiones Públicas, Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Nicaragua, Precios Sociales de Nicaragua, [www.snip.gob.ni](http://www.snip.gob.ni)
5. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas, República del Perú, 2007. Compendio de Normatividad del Sistema Nacional de Inversión Pública.
6. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas, República del Perú, 2007. Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo.
7. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas, República del Perú, 2007. Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de saneamiento básico en el ámbito rural.
8. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas, República del Perú, 2007. Pautas metodológicas para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública.

9. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas, República del Perú, 2007. Pautas metodológicas para la incorporación del análisis de riesgo a desastres en los Proyectos de Inversión Pública.
10. Ferrá, Coloma. Evaluación Socioeconómica de Proyectos, 2003. Universidad Nacional de Cuyo.
11. Fontaine, Ernesto. Evaluación Social de Proyectos, Décimo Tercera Edición, Pearson.
12. Harberger, A., Jenkins, Glen. Análisis de Costo-Beneficio de las decisiones de inversión, 2000. Harvard Institute for International Development.
13. NTON 05 008-98 Normas para sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas Domésticas, Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento Industria y Comercio.
14. NTON 05 010-98 Normas para diseño de sistemas Domésticos de Tratamiento y disposición de aguas servidas, Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento Industria y Comercio.
15. NTON 09 003-99 Normas técnicas para el diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (Urbano), Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento Industria y Comercio.
16. Ortegón, E., Pacheco, J.F., Roura, H. Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública, 2005. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica Social.
17. Pascual, Joan. La evaluación de políticas y proyectos, criterios de valoración económicos y sociales, 2003. Icaria Antrazyt, Universitat Autònoma de Barcelona.



Esta Metodología y su  
reproducción ha sido Financiada por



**Banco Interamericano  
de Desarrollo**