



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**SOSTENIBILIDAD EN EL SUMINISTRO DE AGUA: IMPLEMENTACIÓN DE  
OFICINAS MUNICIPALES PARA SU CORRECTA GESTIÓN,  
ADMINISTRACIÓN Y MANEJO**

**Otto René Ortega Sarti**

Asesorado por el Ing. Marco Vinicio Ochoa Galindo

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SOSTENIBILIDAD EN EL SUMINISTRO DE AGUA: IMPLEMENTACIÓN DE  
OFICINAS MUNICIPALES PARA SU CORRECTA GESTIÓN, ADMINISTRACIÓN Y  
MANEJO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**OTTO RENÉ ORTEGA SARTI**

ASESORADO POR EL ING. MARCO VINICIO OCHOA GALINDO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Roberto Mayorga Rouge
EXAMINADOR	Ing. Edgar Daniel de León Maldonado
EXAMINADOR	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
EXAMINADOR	Ing. Ignacio Saravia Viemann
SECRETARIO	Ing. Efraín Estuardo Boburg Castellanos

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**SOSTENIBILIDAD EN EL SUMINISTRO DE AGUA: IMPLEMENTACIÓN DE  
OFICINAS MUNICIPALES PARA SU CORRECTA GESTIÓN,  
ADMINISTRACIÓN Y MANEJO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 21 de octubre de 2010.



Otto René Ortega Sarti

Guatemala, 27 de mayo de 2011.

Ingeniero  
**Pedro Antonio Aguilar Polanco**  
Jefe del Departamento de Hidráulica  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio me permito informarle que como Asesor del trabajo de graduación del estudiante universitario **Otto René Ortega Sarti** de la carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **82-10609**, procedí a revisar dicho trabajo, cuyo título es: **“SOSTENIBILIDAD EN EL SUMINISTRO DE AGUA: IMPLEMENTACIÓN DE OFICINAS MUNICIPALES PARA SU CORRECTA GESTIÓN, ADMINISTRACIÓN Y MANEJO”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,



Ingeniero Civil Marco Viricio Ochoa Galindo  
Asesor



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
29 de junio de 2011

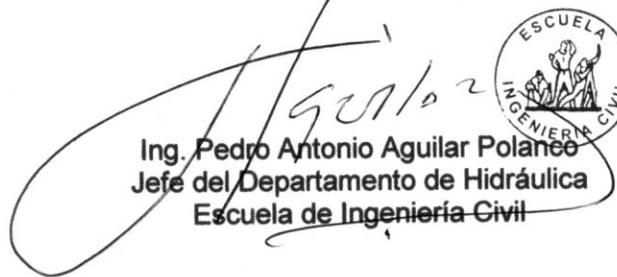
Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Guatemala

Estimado Ingeniero Montenegro.

Atentamente y por este medio, envío a usted, el trabajo de graduación desarrollado por el estudiante **Otto René Ortega Sarti**, titulado **SOSTENIBILIDAD EN EL SUMINISTRO DE AGUA: IMPLEMENTACIÓN DE OFICINAS MUNICIPALES PARA SU CORRECTA GESTIÓN, ADMINISTRACIÓN Y MANEJO**.

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de ley del referido trabajo; y existiendo la **APROBACIÓN DEL MISMO**, por parte del Asesor Ing. Marco Vinicio Ochoa Galindo y habiéndose efectuado todas las observaciones técnicas, el suscrito lo da **APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Jefe del Departamento de Hidráulica  
Escuela de Ingeniería Civil



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Ing. Marco Vinicio Ochoa Galindo y del Jefe del Departamento de Hidráulica, Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco, al trabajo de graduación del estudiante Otto René Ortega Sarti, titulado, SOSTENIBILIDAD EN EL SUMINISTRO DE AGUA: IMPLEMENTACIÓN DE OFICINAS MUNICIPALES PARA SU CORRECTA GESTIÓN, ADMINISTRACIÓN Y MANEJO, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

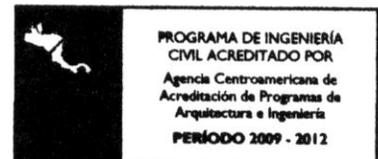
  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre de 2011.

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **SOSTENIBILIDAD EN EL SUMINISTRO DE AGUA; IMPLEMENTACIÓN DE OFICINAS MUNICIPALES PARA SU CORRECTA GESTIÓN, ADMINISTRACIÓN Y MANEJO**, presentado por el estudiante universitario **Otto René Ortega Sarti**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, 6 de octubre de 2011

/gdech

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Dios y la Virgen Santísima**

Por proporcionarme la vida.

**Mi esposa e hijas**

Sandra Lorena, María Ximena y María José.

**Mis padres**

Otto Raúl Ortega (q.e.p.d.) y María del Carmen Sarti de Ortega.

**Mi familia**

Hermano, tíos y primos.

**Mis amigos y compañeros**

Por su amistad.

**Mi asesor**

Ingeniero Marco Vinicio Ochoa Galindo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	I
GLOSARIO .....	III
RESUMEN .....	XI
OBJETIVOS .....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. Situación actual de las empresas municipales de agua potable en el país .....	1
1.2. La gestión efectiva de los recursos hídricos ¿qué es y para qué sirve? .....	5
1.3. Experiencia en otros países del mundo .....	6
2. PASOS PARA LA MEJOR GESTIÓN DE UNA EMPRESA PRESTADORA DE LOS SERVICIOS DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO .....	7
2.1. Catastro de usuarios .....	7
2.1.1. Levantamiento inicial del catastro de usuarios .....	9
2.1.2. Actualización continua del catastro de usuarios .....	17
2.2. Implementación de un programa de zonificación hidráulica .....	17
2.3. Implementación de un programa de macromedición .....	24
2.4. Implementación de un programa de micromedición .....	28
2.4.1. Tipos de medidores .....	30
2.4.2. Lectura y control del consumo .....	33
2.4.3. Ciclos de facturación .....	37

2.5. Gestión comercial y recomendación del software mínimo .....	38
2.6. Indicadores de desempeño .....	44
3. REESTRUCTURACIÓN TARIFARIA, TEMA DELICADO PERO NECESARIO DE ABORDAR.....	51
3.1. El agua, un recurso finito .....	51
3.2. ¿Qué es lo que le da valor económico al agua?.....	52
3.3. Ejemplo del cálculo para la determinación de una tarifa.....	54
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES .....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	65

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Esquema que ilustra la importancia del catastro como base para otras actividades dentro de la gestión de una empresa de suministro de agua potable y alcantarillado .....	7
2.	Ventajas de un catastro de usuarios .....	8
3.	Ejemplo de una zona hidráulica .....	21
4.	Relación entre reducción del nivel de fugas, ingresos extra y acumulación de ingresos extra por trimestre en un caso hipotético....	23
5.	Diferencia entre un circuito abierto y un circuito zonificado .....	25
6.	Ejemplo de una caja de macromedidor.....	28
7.	Instalación completa de un micromedidor en caja de plástico .....	31
8.	Diagrama de un ciclo de facturación .....	38
9.	Esquema general de la fase inicial del sistema propuesto de gestión comercial y empresarial.....	41
10.	Generación de indicadores de gestión por medio de información suministrada desde distintos puntos dentro de la empresa .....	46
11.	Secuencia para la definición de un IG.....	47

### TABLAS

I.	Clasificación sugerida respecto al tipo de usuario .....	14
II.	Balance hídrico según IWA.....	26
III.	Listado de códigos de problemas comunes que se pueden encontrar durante una toma de lectura de medidores.....	35
IV.	Estructura de variables .....	45

Sostenibilidad en el suministro de agua: implementación de oficinas municipales  
para su correcta gestión, administración y manejo

---

V.	Estructura de indicadores .....	48
VI.	Algunos ejemplos de indicadores de gestión.....	49
VII.	Costos asociados por actividad en un sistema cualquiera.....	53
VIII.	Ejemplo de cálculo de una tarifa.....	56

## GLOSARIO

<b>Acometida</b>	Derivación de la red de distribución local de distribución de agua potable que se conecta al Inmueble.
<b>Acometida de alcantarillado</b>	Derivación que parte de la caja de inspección (candela) y llega hasta el colector de la red local.
<b>Agua en bloque</b>	Agua que se compra en volúmenes grandes. El fin puede ser para abastecimiento de áreas específicas.
<b>Agua no contabilizada (ANC)</b>	Es la diferencia entre los valores del agua producida y el agua facturada. El concepto de agua no contabilizada comprende las pérdidas físicas o técnicas, ocasionadas por fugas en cualquiera de los componentes del sistema y por pérdidas no físicas o comerciales, causadas por submedición, subfacturación y conexiones domiciliarias clandestinas e ilegales, entre otras.
<b>Agua potable</b>	Agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.

<b><i>Benchmarking</i></b>	Es un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar mejoras organizacionales.
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo.
<b>BM</b>	Banco Mundial.
<b>Catastro de usuarios</b>	Es una base de datos de usuarios y parámetros relacionados con la prestación del servicio, la cual se debe mantener diariamente actualizada y depurada, con el fin de contar con la información suficiente para efectuar un proceso de medición y facturación confiable, que minimice los reclamos y maximice la facturación de la empresa.
<b>Caudal mínimo nocturno</b>	Es el caudal mínimo que se registra en una red de distribución. Usualmente es el que se verifica entre las 10 de la noche a las 4 de la mañana del día siguiente. La variación del caudal mínimo nocturno puede indicar una posible fuga o mal funcionamiento en un sector hidráulico.

<b>Ciclo de facturación</b>	División de grupo de usuarios con el fin de facilitar la lectura y facturación de todos ellos. Cada ciclo corresponde a una determinada zona de servicio y puede llevarse a cabo con una periodicidad mensual o bimestral.
<b>COCODE</b>	Consejo Comunitario de Desarrollo.
<b>Conexión domiciliar</b>	Son las obras necesarias para proporcionar a un inmueble el servicio de acueducto y/o alcantarillado.
<b>Conexión ilícita o fraudulenta</b>	Es una conexión no autorizada, conectada a la red de distribución municipal, que abastece irregularmente y sin pasar por el medidor a uno o más predios. También se considera conexión fraudulenta cualquier intervención no autorizada o adulteración a los equipos de medición (medidor o acometidas).
<b>Consumo</b>	Es la cantidad de metros cúbicos de agua recibida por el usuario, en un tiempo determinado y que corresponde a la diferencia de lecturas cuando existe medidor.

<b>Consumo estimado</b>	Es el consumo de agua potable calculado a partir del consumo medido. En algunos países éste es dividido por el número de días del período de lectura y multiplicado por treinta días si la lectura es mensual o por sesenta días si es bimestral.
<b>Control activo de fugas</b>	Procedimiento mediante el cual se lleva a cabo un control por zonas hidráulicas de fugas.
<b>Crítica</b>	Es un procedimiento posterior a la etapa de lectura, el cual consiste en razonar respecto al comportamiento del consumo en cada predio, tomando como referencia el consumo histórico del mismo, a fin de analizar y tomar decisiones respecto al consumo a cobrar, garantizando así que la información fuente del proceso de liquidación, cumpla con la calidad que se reporta al usuario a través de la factura de cobro.
<b>ERP</b>	Planeación de Recursos Empresariales ( <i>Enterprise Resource Planning</i> , por sus siglas en inglés). Es un tipo de software empresarial cuyo fin es soportar los procesos administrativos, comerciales y operativos en forma integrada.

<b>Factura</b>	Es la cuenta que se entrega o remite al usuario, por el consumo y demás servicios inherentes al desarrollo de un contrato de prestación de servicios públicos.
<b>Fugas físicas</b>	Se conoce con este término al agua que escapa en los sistemas de conducción o distribución de agua potable.
<b>Fugas no físicas</b>	Son básicamente todos aquellos ingresos no captados por los entes a cargo de la distribución del agua potable en las ciudades, debido a prácticas administrativas erróneas.
<b>IG</b>	Indicador de gestión.
<b>IWA</b>	Asociación Internacional del Agua ( <i>International Water Association</i> , por sus siglas en inglés)
<b>KfW</b>	Banco Alemán de Reconstrucción ( <i>Kreditanstalt für Wiederaufbau</i> , por sus siglas en idioma Alemán).

<b>Lixiviados</b>	Es un escurrimiento de líquidos a niveles inferiores de un suelo mediante drenaje, arrastrando nutrientes, sales minerales y otros compuestos orgánicos. Una lixiviación de productos químicos puede generar la contaminación de napas freáticas, acuíferas en general y lavar rápidamente las capas superficiales de un suelo. Se define también como el líquido que se ha filtrado a niveles inferiores de un suelo y que ha extraído, disuelto o suspendido materiales. Denominación que se le da a los constituyentes sólidos tras haber sufrido el proceso de lixiviación.
<b>Macromedidor</b>	Este término corresponde a medidores de flujo (agua) cuyo diámetro es mayor o igual a 1" (25 mm).
<b>Medidor</b>	Es un dispositivo mecánico que mide el consumo de agua.
<b>Micromedidor</b>	Este término corresponde a medidores de flujo (agua) cuyo diámetro es menor o igual a ¾" (19 mm).
<b>Oracle</b>	<i>Software</i> tipo ERP.
<b>PEA</b>	Población Económicamente Activa.

<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto.
<b>Predio</b>	El término predio se asocia a todo bien inmueble, que disfrute del servicio de acueducto y/o alcantarillado. Se identifica con una dirección ubicable en el perímetro donde se prestan servicios.
<b>Ruta</b>	Es la subdivisión de un ciclo en recorridos, facilitando la toma de lectura. La ruta está compuesta por predios ordenados y secuenciales.
<b>SAP</b>	<i>Software</i> tipo ERP.
<b>Subsidio</b>	Prestación pública asistencial de carácter económico y de duración determinada.
<b>TPL</b>	Terminales portátiles de lectura.
<b>Uso consuntivo</b>	Es el uso del agua que no se devuelve en forma inmediata al ciclo del agua.

Sostenibilidad en el suministro de agua: implementación de oficinas municipales  
para su correcta gestión, administración y manejo

---

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación pretende introducir conceptos básicos relacionados con buenas prácticas de operar y mantener los sistemas de distribución de agua potable. Si bien es cierto, el país posee una hidrografía abundante en comparación a otros países, la mala administración y la improvisación con que se gerencia los sistemas de distribución de este vital líquido, han empezado a dar paso al racionamiento en muchas comunidades otrora beneficiadas con abundante agua.

Las sociedades deben organizarse de tal forma que todos los habitantes que la componen tengan una mejor calidad de vida tanto en el corto como en el largo plazo. Para ello debe adoptar mejores prácticas administrativas para que los recursos lleguen a todos, con buena calidad y durante el mayor tiempo posible.

Esto sólo se logra definiendo claramente las reglas del juego. Gracias a la Autonomía Municipal, el rol organizativo depende de las municipalidades del país, por ello, deben dejar el empirismo por un lado y pasar a ser entes gestores más profesionales.

El espíritu del presente trabajo es contribuir a la profesionalidad con que los entes municipales deben encarar los retos del futuro, olvidándose de tomar rutas fáciles como el subsidio, por ejemplo. Si bien es cierto esta medida es políticamente correcta, a la larga se convierte en un problema mayúsculo, puesto que no hay que olvidar que subsidiar es sacrificar otros servicios para la comunidad.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Contribuir al desarrollo del país mediante la elaboración de un documento que sirva de base para que los municipios administren de mejor manera el recurso hídrico.

### **Específicos**

1. Entronizar al lector en conceptos básicos asociados a la gestión apropiada de los recursos hídricos.
2. Contribuir al cambio de paradigma que el agua es un bien infinito carente de un valor económico real.
3. Introducir el concepto de sostenibilidad en el manejo del recurso hídrico.



## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso finito, cada vez los bosques van menguando y los cuerpos de agua, en general, se van deteriorando más y más. Muchos centros urbanos y muchas comunidades rurales han empezado a sentir los efectos de la escasez de agua. Esto sin embargo, no es un problema únicamente del país; la demanda ha crecido en función del desarrollo de los pueblos. Con todo, es necesario decir que desde ya hace algunos años, muchos países hacen esfuerzos para gestionar sus recursos hídricos de una mejor manera. Para esto han implementado “empresas” municipales o privadas que se encargan de esta labor, iniciando con la medición apropiada del recurso, es decir, estableciendo cuánta agua se produce y cuánta agua se entrega a los usuarios. Por su parte estos últimos tienen el concepto claro que a mayor consumo (ya sea por deficiencia del sistema de distribución interna del agua dentro de sus predios o bien por negligencia), ellos pagarán más.

Guatemala se ha caracterizado por la mala administración del recurso, a pesar de contar con una hidrografía abundante. La falta de una legislación adecuada aunada a un concepto equivocado de la mayoría de habitantes de que el agua tiene un valor ínfimo, hacen que el recurso sea cada vez más y más escaso.

Finalmente, las autoridades también tienen claro que el agua no es un botín político con el cual se ganan elecciones, sino un bien que pertenece a todos pero que hay que saber gestionar.



## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Situación actual de las empresas municipales de agua potable en el país**

La prestación de los servicios de agua por medio de red está bajo la responsabilidad de las municipalidades. Cada una de ellas ha establecido su propia forma de gestión de los servicios. Desde hace unos pocos años algunos municipios se han constituido en mancomunidades, con el fin de invertir de mejor forma sus pocos ingresos, gracias a una economía de escala (es más económica la administración de un relleno sanitario bajo el esquema de una mancomunidad que hacerlo de forma individual).

En zonas urbanas básicamente se reconocen 2 modalidades de organización para la prestación del servicio: gestión pública municipal directa y gestión pública municipal delegada.

En la primera la gestión del recurso está a cargo de una dependencia que forma parte de la municipalidad y cuyo presupuesto es dependiente de esta misma. Esta es la forma predominante en casi todas las municipalidades del país.

En el segundo caso, esta gestión descansa en una empresa administrativamente separada o autónoma del sector público. En esta categoría entra la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA), la Empresa Municipal Aguas de Xelajú (EMAX) en Quetzaltenango, la Empresa Municipal de Agua y Alcantarillado de Petén (EMAPET) que abastece a los municipios de Flores y San Benito Petén, la de Cobán y la de Huehuetenango.

Si bien puede presentarse en los dos casos mencionados anteriormente, es más frecuente en los casos donde la gestión se lleva a cabo directamente por la municipalidad, que por compromisos puramente políticos, los sistemas sean agrandados con tal de abarcar un mayor número de personas beneficiadas.

Esto es contraproducente, especialmente en aquellos casos donde la producción de la fuente es bastante baja, o bien donde las condiciones topográficas no lo permiten. Es prudente citar aquí el caso de San Juan Ostuncalco en Quetzaltenango. El casco urbano de este municipio se asienta en su mayoría en un valle, sin embargo, algunos pobladores han decidido construir sus viviendas en partes altas. En muchos casos el agua ya no es posible que llegue debido a que muchas viviendas se asientan por encima de la cota del tanque de abastecimiento.

En una tercer categoría están algunas empresas privadas creadas por lotificadores y manejadas por vecinos quienes, ante la ausencia de una buena administración, deciden conformar comités que se encargan de operar y mantener los sistemas.

Esto lo logran a través de un aporte efectuado por cada vecino. Dentro de estos casos pueden citarse las urbanizaciones Planes de Bárcenas y Colonia Monte María. Estos sistemas han funcionado de manera aceptable, ya que en el caso de la urbanización Residenciales Petapa por ejemplo, el comité ha logrado no sólo cubrir los costos de la energía eléctrica asociados con el bombeo sino el reemplazo de este equipo cuándo éste ha sufrido daños irreparables. En la ciudad de Guatemala, también existe la Empresa Aguas del Mariscal, la cual suplente a unos 8,000 usuarios en varias zonas de la ciudad.

Los casos citados en el párrafo anterior han sido bastante exitosos, aunque para ello cada vecino pague sumas bastante elevadas por concepto de tarifa. Este es un claro ejemplo de que las personas están dispuestas a pagar cualquier suma con tal de tener agua, aunque no sea de buena calidad, dentro de su casa.

Otra forma de abastecerse de agua ha sido por medio de camiones cisterna. Esto sucede especialmente en las áreas marginales de la ciudad de Guatemala. Es importante decir que el precio por cada tonel recibido (204 litros) es cercano a los Q, 40,00 (unos Q. 200,00/m<sup>3</sup>). Nuevamente, es de llamar la atención al hecho que al contrario de los que por mucho tiempo han gozado del privilegio de tener agua suministrada por redes, aquellos que no la tienen están en la disposición de pagar cualquier suma por un poco de este líquido, aunque ésta represente un alto porcentaje del presupuesto familiar.

A nivel rural, en aquellas comunidades que si poseen un sistema de distribución, puede darse el caso que no exista algún grupo que preste operación y mantenimiento al sistema. En algunos casos y ante una emergencia, se realiza una colecta de último momento para hacer una reparación (cambio de tubería, o cambio de una válvula). Cuando se presenta el caso de una reparación mayor (un cambio de bomba en los casos de comunidades abastecidas por medio de equipos de bombeo, por ejemplo), los sistemas son prácticamente abandonados, recurriéndose entonces a las viejas prácticas para suplirse de agua.

Debido a la ausencia de un comité que preste la operación y mantenimiento de los sistemas, se abandonan actividades tan importantes como lo son la cloración del agua. De ahí que los pobladores sufran de enfermedades diarreicas con bastante frecuencia.

A pesar de que organismos donantes como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) o el Banco Alemán de Reconstrucción (KfW por sus siglas en alemán), han exigido como condición para seguir aportando al desarrollo del país fondos para la construcción de nuevos proyectos de abastecimiento de agua y tratamiento de aguas residuales, la implementación de empresas que lleven a cabo una correcta gestión de los recursos para la misma subsistencia de los sistemas, no se ha logrado mayor avance.

El problema guarda relación con la mentalidad del guatemalteco en el sentido de que no ha aprendido a darle valor al agua, fundamentándose en la costumbre y en paradigmas como el de que el agua es un don divino.

Mientras esta idea persista, no sólo habrá dependencia de nuevos proyectos sino el recurso se hará cada vez más caro.

## **1.2. La gestión efectiva de los recursos hídricos ¿qué es y para qué sirve?**

Como puede notarse a partir del numeral anterior, así como hay comunidades que han gozado desde siempre del suministro de agua, existen otras que están dispuestas a pagar lo que sea por un poco de este líquido. En los casos de urbes como la ciudad de Guatemala, existe un verdadero derroche del cual es partícipe no sólo el vecino sino la misma empresa encargada del abastecimiento, ya que por un lado y debido al bajo valor financiero que tiene el agua, el usuario hace mal uso del recurso, y por el otro, debido a la falta de una correcta gestión de los sistemas, las redes son bastante ineficientes pues permiten fugas de alrededor del 40% del agua producida.

La gestión efectiva de los recursos hídricos no solo es necesaria sino urgente de implementar en Guatemala; la degradación ambiental en general (cambio climático, efecto invernadero, degradación de las cuencas hidrográficas, etc.), la dinámica poblacional y la falta de conciencia han venido impactando directamente sobre el agua.

A las preguntas de ¿qué es y para qué sirve la gestión de los recursos hídricos? se puede responder entonces que ésta consiste en todas aquellas actividades necesarias para administrar el recurso hídrico, con el fin de llevarlo a todos los habitantes de una región de forma confiable y segura y a un precio justo.

### **1.3. Experiencia en otros países del mundo**

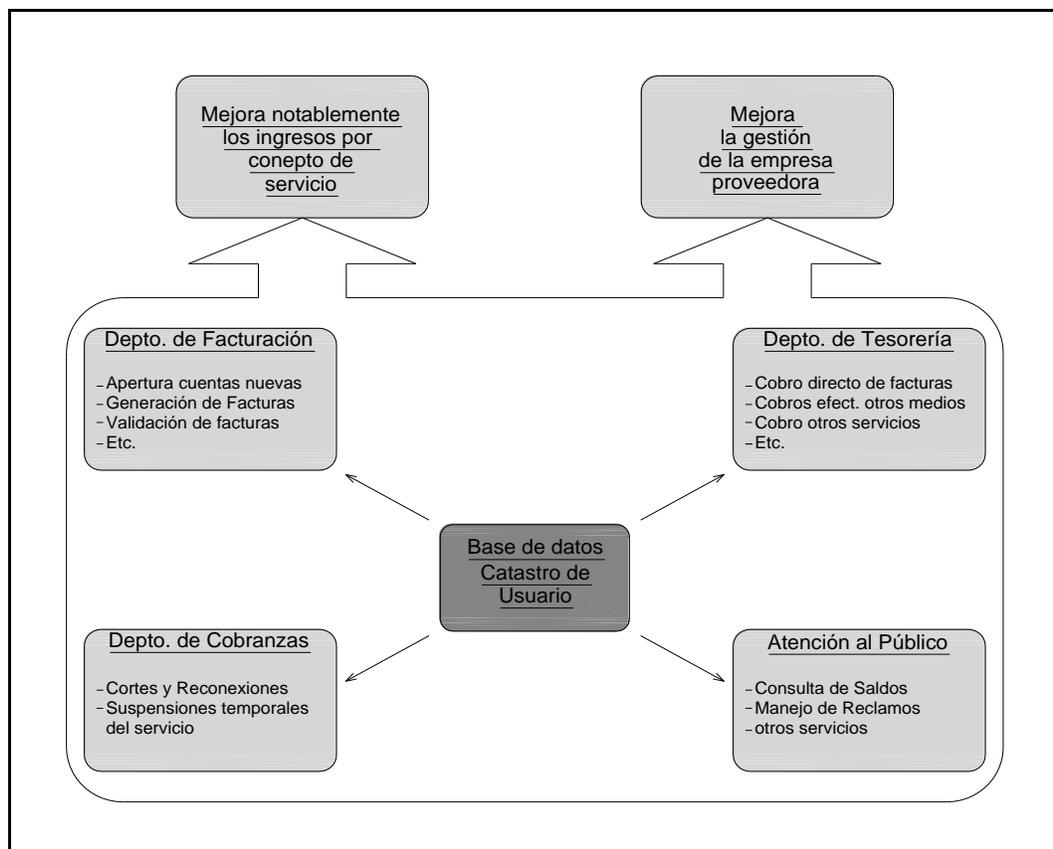
La correcta administración de los recursos hídricos, no es solamente atinente a países del primer mundo; Belice y Nicaragua, han iniciado ya con serias propuestas para establecer empresas que administren sus recursos hídricos. ENACAL en Nicaragua llevó a cabo en el 2004 una consultoría cuyo fin fue el de ordenar el sector e iniciar con ciertas prácticas para mejorar el servicio.

Otras empresas como CAADS (Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo), en Santo Domingo, República Dominicana, EAAB (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá) en Bogotá, Colombia y EMAAP (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable) en Quito, Ecuador; ya llevan cerca de 10 años en ejercer la administración del recurso hídrico en sus respectivas ciudades con buenos resultados. EMAAP, por ejemplo, es una empresa a la que se le ha otorgado la certificación ISO 9000 por su gerencia de alta calidad.

## 2. PASOS PARA LA MEJOR GESTIÓN DE UNA EMPRESA PRESTADORA DE LOS SERVICIOS DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

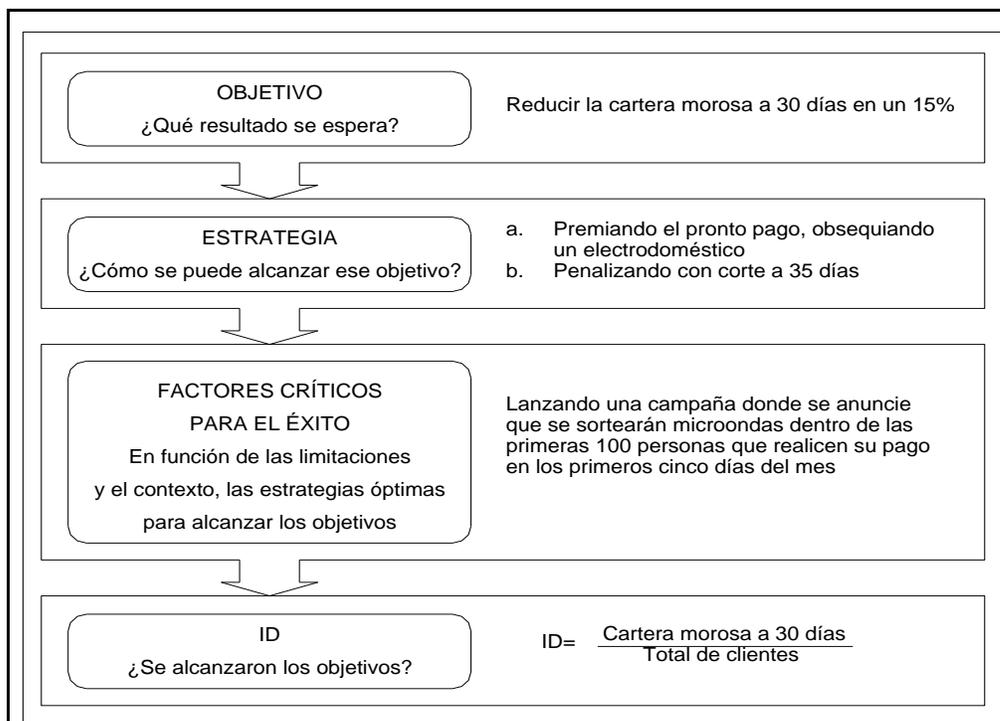
### 2.1. Catastro de usuarios

Figura 1. Esquema que ilustra la importancia del catastro como base para otras actividades dentro de la gestión de una empresa de suministro de agua potable y alcantarillado



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Ventajas de un catastro de usuarios**



Fuente: elaboración propia.

La importancia de un buen registro catastral de usuarios del servicio de una empresa distribuidora de agua potable se describe en la figura 2.

Sin el catastro, no se conocería quién es el cliente y el fin con que utiliza el agua que se le distribuye. Desde el arranque de una empresa debe iniciarse con hacer un censo de usuarios. Este registro debe actualizarse con frecuencia para evitar la proliferación de cuentas clandestinas.

Uno de los aspectos importantes a conocer, como se verá más adelante, es el tipo de cliente ya que no todos consumen el agua en la misma forma. En la mayoría de casos el agua es utilizada en hogares para fines domésticos (aseo personal, lavado de utensilios domésticos, producción de alimentos); en otros casos, el cliente la utiliza para fines de producción ya sea de forma directa (una empresa productora de hielo, por ejemplo), o indirecta (una empresa que utilice el agua con fines de enfriar equipo).

Es importante incluir a todos los usuarios que se abastecen del servicio o que hacen uso del sistema de alcantarillados. Usualmente se tiende a pensar que no se deben incluir servicios como estaciones de bomberos, estaciones de policía, hospitales, centros de salud, así como puntos de abasto para irrigación de parques o áreas verdes. Esta es una práctica común en la ciudad de Guatemala. Existen puntos como el ubicado en la esquina de la 8ª. Calle y Avenida La Castellana a donde llegan tanto camiones de Bomberos como camiones que se encarga de irrigar áreas verdes municipales, a abastecerse. El catastro es sólo una base de datos, más adelante se determinará si el agua suplida a estos consumidores se factura o no.

### **2.1.1. Levantamiento inicial del catastro de usuarios**

Como se describe en el numeral anterior, el catastro de usuarios consiste en registrar la información básica de cada uno de los clientes a quienes se les provee del servicio de agua potable y alcantarillado en una localidad. Actualmente y con raras excepciones, los registros catastrales de usuarios se verifican de forma electrónica, ya sea utilizando *software* específico para base de datos, o bien aplicaciones como Excel.

Otras formas incluyen la utilización de *software* como Arc-Info el cual relaciona información espacial con atributos temáticos asociados. El sistema Arc maneja coordenadas y la topología, por lo tanto está capacitado para manejar los datos de localización geográfica, mientras que el sistema INFO almacena atributos asociados (base de datos relacional).

Para empresas que se inician bastará con tener un registro de todos los usuarios ya sea en hojas simples o en un libro electrónico tipo Excel. Más adelante y a medida que se vayan conociendo las ventajas de los sistemas, podrá migrarse a formatos más complejos

La información básica formará parte del padrón de usuarios y será actualizada de forma regular, con el objeto de evitar las conexiones fraudulentas de usuarios de los servicios. El levantamiento se lleva a cabo en las etapas que se describen a continuación:

La etapa inicial (etapa de pruebas), tiene como objetivo principal desarrollar y establecer las bases y lineamientos principales que regirán la ejecución del censo. Además de la empresa contratada para llevar a cabo la fase censal de usuarios, es prudente que participe el ente técnico de la municipalidad.

De la misma manera, tiene como propósito el diseño, desarrollo y establecimiento de aplicaciones (*software*), herramientas y procedimientos que requerirán la ejecución del censo en campo y la validación y procesamiento de la información recopilada en campo. Usualmente también se lleva a cabo una prueba piloto, que estará enfocada en poner a prueba los procedimientos que se han definido, de tal forma que se hagan los ajustes necesarios antes de iniciar la investigación en campo.

La etapa de ejecución es precisamente el levantamiento censal de puerta en puerta, la cual precede a la validación de datos y el procesamiento de los mismos para tener como producto final el padrón de usuarios.

El censo usualmente se auxilia con información cartográfica del sitio donde éste se realiza (mapas simples muchas veces sin escala apropiada). Esta información facilita el trazo de rutas donde los responsables del censo puerta a puerta deben pasar. Otra función es, si así se decidió desde un principio, trazar planos donde se colocará la información georeferenciada para análisis situacionales y toma de decisiones.

El censo se lleva a cabo por zonas, por asentamientos humanos o por urbanizaciones, bajo una planificación que debe seguirse estrictamente para evitar la duplicidad (o la falta de) información.

Dicha planificación puede variar según el área a censar, de tal forma que se lleve el mejor control de los bloques catastrales censados.

La información del censo se obtendrá mediante entrevistas personales, que se realizan a las personas que ocupan cada inmueble. La entrevista será apoyada por un cuestionario previamente diseñado ya sea en forma dura (hojas de papel impresas donde se consigna la información que se quiere recabar), o de manera electrónica. En la actualidad es mucho mejor utilizar dispositivos electrónicos móviles (*handhelds*).

Estos dispositivos tienen la gran ventaja de disminuir el error humano, ya que la información ingresa directamente desde el aparato a la base de datos, evitando así que una persona yerre al digitalizar los datos manualmente. Al dispositivo se le ha cargado previamente el cuestionario. Toda la información digitada por la persona que toma datos puerta a puerta, es descargada después de terminado el día, ya sea durante el mismo proceso de carga de la batería del aparato, o bien a través de una interfase USB. Básicamente, las aplicaciones son cargadas a las *handhelds* y funcionan a través de sistemas operativos propios de las mismas (*Palm OS* ó *Pocket Pc*).

Las aplicaciones que usualmente se emplean permiten uniformizar la información, a ser levantada por el encuestador, al restringir el tipo (numérico, alfanumérico, texto, etc.) y el tamaño (cantidad de dígitos) del campo del dato que debe ser ingresado en las respuestas de opción abierta.

El cuestionario usualmente contiene preguntas de respuesta abierta y de respuesta cerrada (opciones múltiples). Éstas como ya se dijo, son definidas durante la etapa inicial.

Las bases de datos se crean usualmente en formatos que son fácilmente accesibles por aplicaciones ERP estándar en el mercado (*SAP*, *Oracle*, etc.). En el numeral 2.5 (Gestión comercial y recomendación del *software* mínimo), se amplía información sobre este tipo de *software*.

En una segunda fase o en una actualización de la base de datos, es conveniente incluir información de georeferenciación de cada inmueble, lo cual permite una mejor gestión de la empresa.

Uno de los beneficios del censo es la identificación de usuarios con servicio fraudulento que actualmente consumen agua y no pagan la tarifa correspondiente a su servicio.

Estos pasarán a formar parte del padrón de usuarios, instándolos más adelante a que paguen el concepto por consumo de agua o por utilización del alcantarillado público. El monto de penalización se fijará posteriormente y estará en función del tiempo que han utilizado los servicios sin pagar.

El censo también incluirá a todos aquellos usuarios que no haciendo uso del servicio de distribución de agua, vierten sus aguas residuales a los sistemas de alcantarillado municipal con que cuenta la población.

Esto permitirá posteriormente tasarlos con un monto por uso del sistema de drenajes.

El censo buscará obtener información acerca de los consumidores actuales y potenciales. Para esto se determinarán los tipos de usuarios del servicio, clasificándolos en función de la actividad que se verifique en el inmueble y considerando también el volumen de agua que utilicen (ver Tabla I). Este tipo de información servirá posteriormente para hacer una subclasificación entre grandes consumidores y pequeños consumidores.

Tabla I. **Clasificación sugerida respecto al tipo de usuario**

a) Doméstico	e) Industrial A (de alto consumo)
b) Doméstico múltiple	f) Industrial B (de bajo consumo)
c) Comercial A (de alto consumo)	g) Gubernamental
d) Comercial B (de bajo consumo)	h) Municipal

Fuente: elaboración propia.

Una vez definida la clasificación de los tipos de usuarios del servicio, se podrá aplicar una tarifa conforme el consumo del servicio mensual que éstos utilicen.

Como se menciona en párrafos anteriores, si no es posible desde un inicio obtener información de georeferenciación de los inmuebles, ésta deberá priorizarse para ser llevada a cabo como parte de una primera etapa de actualización. A continuación se describe la información que debe incluirse. (Inicialmente aparece lo concerniente a la información de georeferencia por su importancia, sin embargo, como se dice en este párrafo, puede prescindirse de ella y llevarla a cabo más adelante):

- Posicionamiento geográfico de la conexión: describirá las coordenadas (x,y) de las conexiones, mediante el uso de GPS.

- Dirección del inmueble: incluirá la dirección catastral considerando también a la colonia y a la zona dentro de la cual se ubica un inmueble.
- Datos sobre el tipo de usuario: contendrá información relacionada con las características del usuario que habita el inmueble y con el uso que se le da al inmueble censado.
- Datos sobre el inmueble o edificación: abarcará información relacionada a la cantidad de niveles, número de apartamentos y número de locales comerciales, entre otros.
- Datos sobre la prestación del servicio: contendrá la información relacionada con las características del servicio de agua potable prestado al inmueble censado.
- Datos sobre la toma de agua en el inmueble: contendrá información relacionada con las características de la conexión del servicio de agua potable en el inmueble censado.
- Datos sobre el medidor de agua u otra conexión en sustitución del medidor: comprenderá toda la información relacionada con las características del medidor de agua instalado en el inmueble censado. De ser posible, se incluirá una apreciación visual del estado del medidor, clasificándolo posteriormente en función de cuándo es recomendable su cambio por obsolescencia.
- Datos sobre el servicio de alcantarillado sanitario: abarcará información relacionada con las características de la conexión del servicio de alcantarillado sanitario en el inmueble censado.

- Comentarios: podrá ser utilizada por el encuestador para indicar información adicional a la contemplada por el cuestionario, con el objetivo de clarificar de mejor manera cualquier dato que se esté incorporando.

Se aconseja que la definición inicial de la información a indagar sea del conocimiento de la Oficina de Planificación Municipal, con el objeto de que ésta aporte sugerencias sobre otros temas a investigar (es importante que los aportes por parte de la OPM no sean tantos que ponga en peligro la calidad de la información relacionada con el uso del agua y el saneamiento).

En esta etapa se considerarán los tipos de preguntas y respuestas que serán utilizadas para la entrevista en el censo en campo. Tomando en cuenta la información establecida en la etapa anterior, se diseñará un cuestionario ya sea en duro o electrónicamente, en el cual se podrá recopilar la información.

Para el desarrollo del censo se contará con personal subcontratado, preferiblemente que haya tenido experiencia previa en censos y/o estudios de mercado.

Por otro lado y dependiendo en qué etapa de la realización del catastro se desee llevar a cabo la georeferenciación de las conexiones, se utilizará un GPS (*Global Position System*) para coleccionar las coordenadas geográficas ( $x, y$ ) de cada conexión. Esta información estará vinculada con la que provendrá de cada inmueble por medio del cuestionario electrónico anteriormente definido.

Validación de la información: este proceso es importante cuando el censo se lleva a cabo de forma no electrónica. La información levantada en campo será revisada y validada en oficina. En esta etapa se verificará que la información esté completa y se procesarán aquellos cuestionarios que contengan información completa y lógica.

Los cuestionarios que no superen la validación, serán rechazados para que sean completados o corroborados en campo.

Supervisión: para todos los procesos y desarrollo del censo se deberá contar con supervisión en campo, especialmente cuando el censo se lleve a cabo en formato no electrónico. Este es un esfuerzo que vale la pena realizar si se quiere que el producto sea de buena calidad.

### **2.1.2. Actualización continua del catastro de usuarios**

El proceso censal prácticamente no termina. Con una periodicidad de por lo menos 6 meses, debe efectuarse la corroboración de una muestra de boletas (en duro o electrónicas), para asegurar la calidad. Asimismo, durante la incorporación de nuevos clientes al padrón, es conveniente llevar a cabo una verificación de datos en campo.

## **2.2. Implementación de un programa de zonificación hidráulica**

En países como Guatemala los sistemas de distribución de agua potable han crecido por un lado, en función de la improvisación y por el otro, en función de criterios políticos.

La incorporación de nuevos sectores a sectores antiguos se hace simplemente adicionando un tubo extra. Esto es más grave en ciudades como Quetzaltenango o la ciudad de Guatemala son polos de atracción de personas que buscan empleo. Con el tiempo aparecen dos problemas bastante comunes:

- La presión en el sistema es débil
- No hay suficiente agua para todas las zonas

Esto se ha resuelto en la práctica mediante la adición de nuevas fuentes a costos relativamente altos (la municipalidad de Guatemala lo ha resuelto mediante la perforación de nuevos pozos en casi toda la ciudad). Este ciclo se repite casi de forma indefinida, formando lo que se conoce como sistemas abiertos.

Por otro lado, ya sea por antigüedad del sistema, por malas prácticas durante la instalación y reparación de juntas, por agresividad del suelo la cual puede causar corrosión, por sobrecarga por tráfico pesado, por poca profundidad de la tubería, por presiones excesivas, por golpe de ariete, etcétera, pueden generarse fugas tanto en los sistemas de conducción como en los de distribución.

Ambos hechos, unidos a que usualmente los ingresos por tarifas por distribución de agua, son demasiado bajos en comparación a los costos de abstracción, tratamiento y transporte del agua que se surte, pone en serios aprietos a los entes municipales encargados del suministro de este vital líquido.

Entre los problemas que presentan los sistemas abiertos se pueden enumerar los siguientes:

- No es posible garantizar la calidad del agua que se distribuye debido a que ésta proviene de varias fuentes.
- No es posible llevar a cabo un programa de control activo de fugas, ya que métodos de detección como el de caudal mínimo nocturno no se pueden llevar a cabo.
- No es posible el control de presiones. Esto significa por un lado reventaduras de los tubos por sobre presión, y por el otro falta de la misma, especialmente en sectores altos.

La sectorización hidráulica si bien es cierto exige alguna inversión, los costos retornan en relativo corto tiempo, ya que entre sus beneficios se cuenta con la recuperación del agua que se desperdicia vía fugas físicas. Es prudente mencionar que en muchos casos el agua que escapa vía este tipo de fugas corresponde al 40% del agua producida.

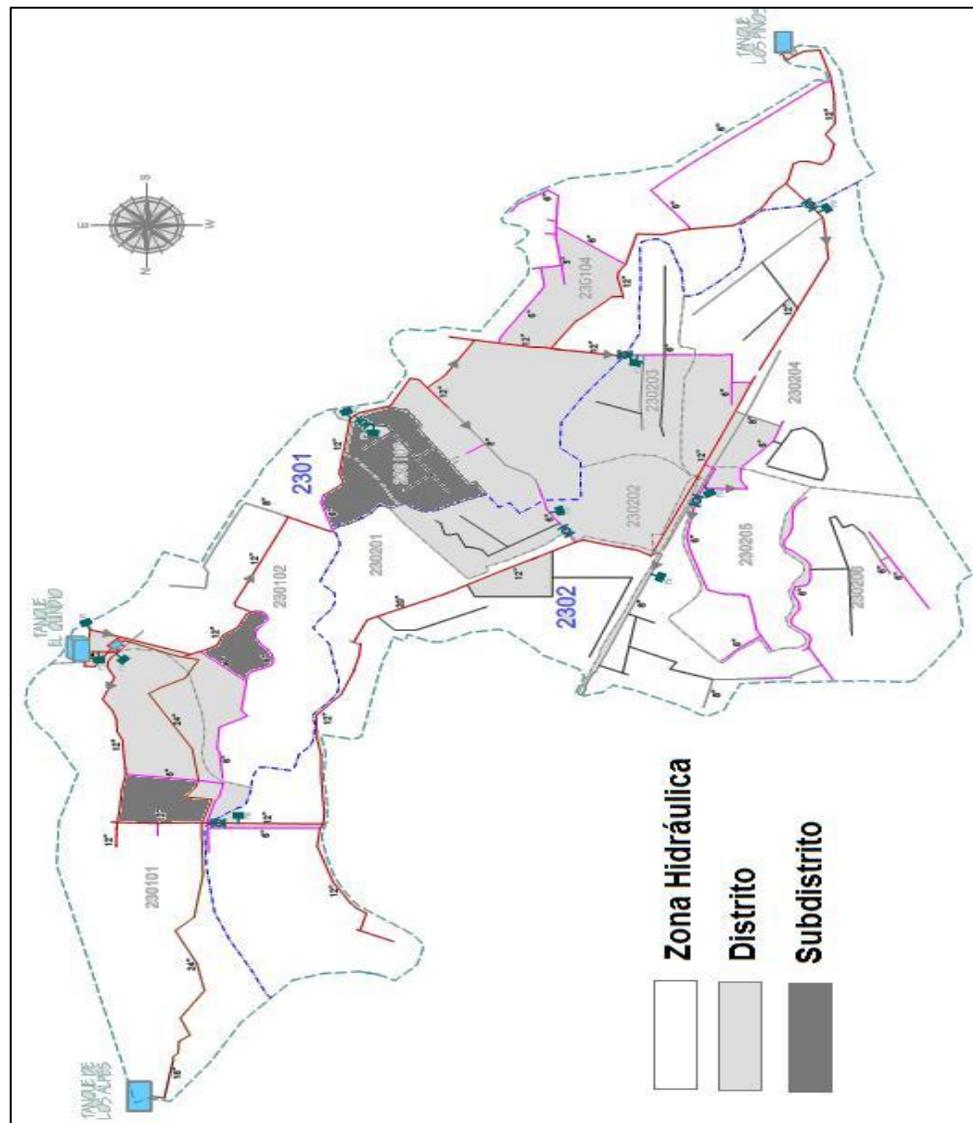
La sectorización hidráulica consiste en la formación de zonas cerradas o discretas de control, mediante la utilización de válvulas limítrofes, las cuales separan las distintas zonas. A cada zona así separada, se le coloca un macromedidor el cual permite medir los caudales que ingresan.

El macromedidor instalado debe contar con un dispositivo que registre la presión de entrada, el cual debe estar instalado aguas abajo pero contiguo al medidor. En la medida de lo posible y considerando los costos que ello implica, el medidor debe contar además con un equipo que registre los datos de caudal de manera continua (*data logger*), para poder ser posteriormente descargados a un recuperador manual de datos (computadora portátil, *handheld*, etc.), o bien con un equipo que por medio de telemetría envíe los datos hacia una central y de ahí hacia una computadora que procesa la información.

Para llevar a cabo una buena zonificación hidráulica, es prudente auxiliarse de información cartográfica o planos específicos de la red.

Éstos permitirán conocer las características topográficas de los sectores. La inspección visual no debe faltar como elemento clave.

Figura 3. Ejemplo de una zona hidráulica



Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

La figura 3, muestra un ejemplo de una zona hidráulica. Como puede verse, ésta se subdividió en distritos y subdistritos, lo cual permite llevar a cabo un buen programa de control de pérdidas en el sistema.

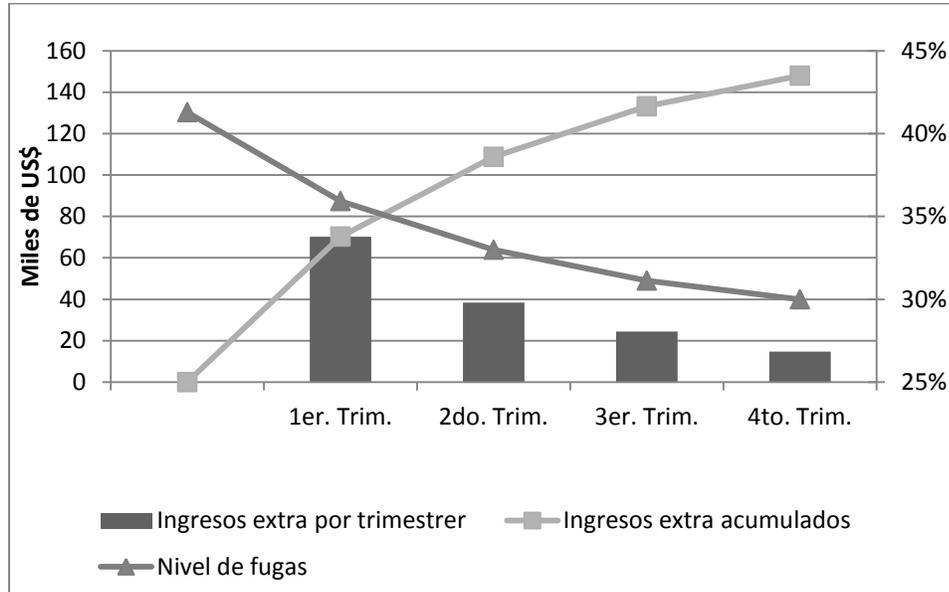
Llevar a cabo un inventario de todos elementos que conforman una red (válvulas, tipos y diámetros de tuberías, hidrantes, y tanques de distribución), es conveniente cuando no se cuenta con dicha información.

En los últimos años, las zonas hidráulicas han sido diseñadas mediante el auxilio de *software* de análisis hidráulico (*EPANET*, *WaterCAD*, etc.).

La parte crítica de cualquier análisis hidráulico es la calibración del modelo matemático, que involucra la medición física y el registro de los caudales y presiones del sistema, así como el análisis de la asignación de la demanda. De esta forma, el modelo computarizado se ajusta de manera que su comportamiento simule el del sistema real.

La figura 4, describe de forma gráfica los beneficios de un programa activo de control de fugas que como se refiere arriba, es uno de los beneficios de un programa de sectorización o zonificación hidráulica.

Figura 4. **Relación entre reducción del nivel de fugas, ingresos extra y acumulación de ingresos extra por trimestre en un caso hipotético**



Fuente: elaboración propia.

Como puede notarse, a medida que se reducen las pérdidas, hay más disponibilidad de agua para ponerla a disposición de los usuarios. Esto se traduce en un ingreso el cual al ser acumulativo, tiene un comportamiento inverso a la gráfica de disminución de fugas. Es prudente decir que no es aconsejable llegar a un nivel de fugas igual a cero. Existe un momento en que el costo de recuperación de fugas es mayor al valor de venta.

### **2.3. Implementación de un programa de macromedición**

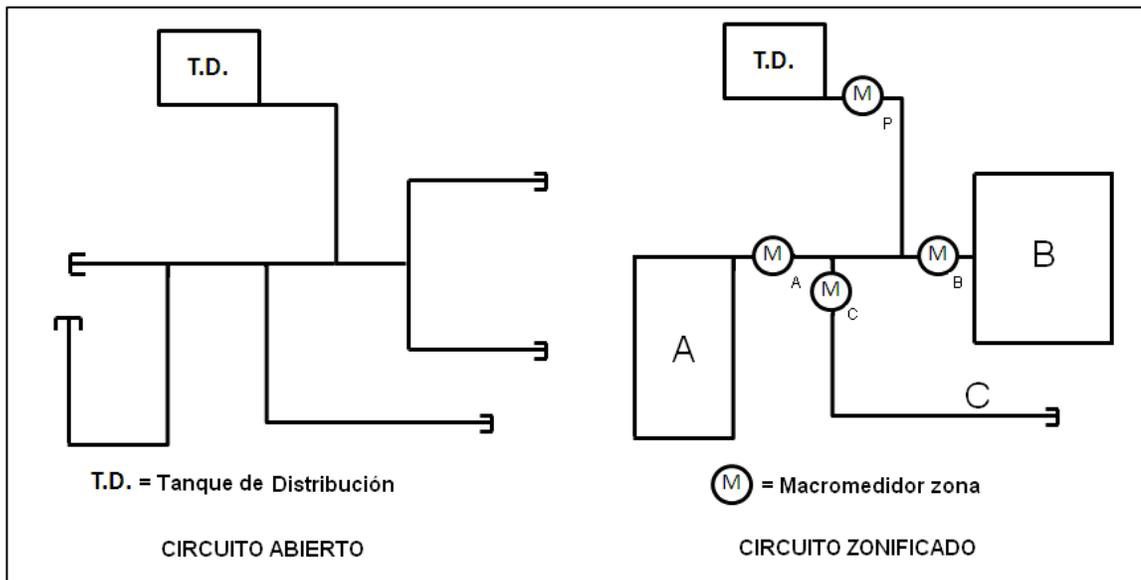
Dentro de un sistema de distribución es por demás conveniente establecer un balance hídrico en donde el agua que se produce es en el mejor de los casos, el agua que se entrega a los inmuebles.

Para establecer el balance hídrico, es necesario colocar macromedidores tanto en los puntos de producción como en los tanques de distribución.

Algunas urbanizaciones de la ciudad de Guatemala, compran el agua a la empresa municipal de agua (EMPAGUA). Esto se conoce comúnmente como venta de agua en bloque. En los puntos de ingreso de estas urbanizaciones es obligatorio instalar macromedidores.

La figura 5, presenta el caso de un circuito abierto abastecido por un tanque de distribución. A la par se presenta el mismo circuito, esta vez zonificado. Dentro de las ventajas que se logran como se puede apreciar están la mejora sustancial de la presión en los subcircuitos o zonas hidráulicas. Nótese la colocación de los macromedidores (por escala no se muestran las válvulas limítrofes, las cuales son indispensables para independizar las zonas).

Figura 5. Diferencia entre un circuito abierto y un circuito zonificado



Fuente: elaboración propia.

De forma general:

$$Q_A + Q_B + Q_C = Q_P$$

Donde:

$Q_i$  = Caudal que ingresa a cada zona hidráulica

$Q_p$  = Caudal producido

De forma menos ideal, el balance hídrico responde a la estructura descrita en la tabla II.

Sostenibilidad en el suministro de agua: implementación de oficinas municipales para su correcta gestión, administración y manejo

La macromedición sirve para medir y controlar las fugas físicas, es decir, aquellas que se originan en el sistema físico (tuberías, válvulas, conexiones). También pueden orientar sobre la ubicación de conexiones masivas clandestinas que estén utilizando agua en horas de la noche.

Tabla II. **Balance hídrico según IWA**

1. Volumen ingresado al sistema	2. Consumo de agua autorizado	4. Consumo autorizado facturado	8. Consumo facturado medido	17. Agua facturada	19. Agua facturada y pagada
			9. Consumo facturado no medido		20. Agua facturada pero no pagada
		5. Consumo autorizado no facturado	10. Consumo no facturado medido	18. Agua no facturada	21. Pérdidas comerciales
			11. Consumo no facturado no medido		
		6. Pérdidas no físicas	12. Pérdidas por consumo ilegal		
			13. Pérdidas debido a medidores en mal estado		
	7. Pérdidas reales en el sistema	14. Pérdidas en producción	22. Pérdidas técnicas		
		15. Pérdidas en distribución			
		16. Pérdidas en las conexiones			

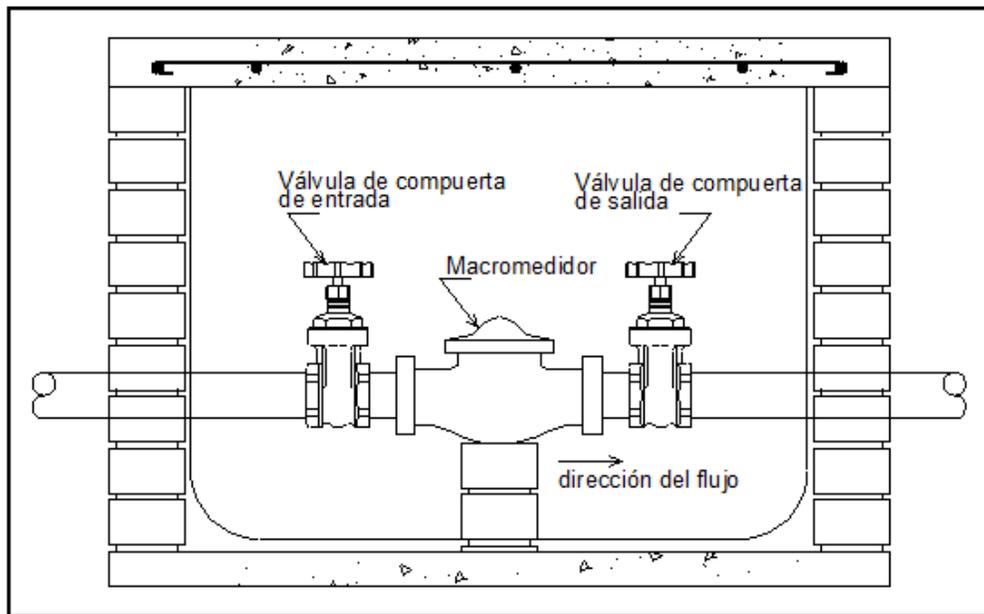
Fuente: elaboración propia.

Como se describió en el numeral anterior, una vez establecidas las zonas hidráulicas, es necesario colocar un macromedidor para registrar cuánta agua ingresa a las mismas. Estos macromedidores permitirán asimismo, detectar las fugas mediante métodos como el caudal nocturno. Este método se basa en el hecho que en horas de la noche el consumo se reduce casi a cero y la red mantiene una presión que permite detectar y medir el monto de agua que se fuga.

Si este monto supera el máximo determinado por la empresa de servicio, se procede entonces a ubicar las fugas mediante geófonos y correladores acústicos.

La macromedición es una actividad que necesita una inversión inicial significativa, ya que los medidores y demás equipo son caros. Por esta razón es prudente hacer obras de protección no sólo contra el deterioro sino contra el vandalismo. La Figura 6 muestra cómo debe protegerse el equipo.

Figura 6. **Ejemplo de una caja de macromedidor**



Fuente: elaboración propia.

#### 2.4. Implementación de un programa de micromedición

Un programa de micromedición constituye uno de los pasos más importantes dentro del proceso de reducción del déficit de ingresos/egresos. Éste no sólo permite un cobro justo por concepto del servicio, sino limita el consumo desmedido de agua por parte de los que utilizan el servicio de abastecimiento, (a mayor consumo mayor pago).

La micromedición tiene como objetivo cuantificar con determinada periodicidad, en este caso de manera mensual, el consumo de agua de cada cliente. Además de asegurar que los consumos sean justos, permite establecer la relación entre la producción y la demanda de agua, siempre y cuando se haya contemplado un programa de macromedición en puntos de producción.

Normalmente la instalación de medidores en una comunidad puede influir decisivamente en la reducción del consumo y del desperdicio de agua antes y después de su implementación. En resumen, la micromedición tiene las siguientes ventajas:

- Racionalización del uso de los recursos hidráulicos.
- Optimización de los recursos disponibles dentro del sistema actual, es decir, que las inversiones necesarias para cubrir la demanda futura pueden postergarse o bien puede incrementarse la cobertura del servicio de agua.
- Aumento de las posibilidades de brindar un servicio continuo a la población, lo cual disminuye los reclamos y los riesgos a la salud;
- Reducción de los costos de operación del sistema.
- Apoyo a las medidas de la política activa de control de fugas.
- Generación de información sobre el comportamiento real de la demanda en las diferentes categorías y tipos de clientes de las empresas.

En muchos municipios del país, la micromedición constituye un tabú ya que las personas creen que con el medidor colocado, se cobrará más por el servicio de agua que llega a sus hogares. La carencia de micromedición es decir, el cobro a través de tarifa fija si se ve objetivamente, constituye una injusticia social al tasar a todos por igual, olvidando de que hay quienes utilizan más agua que otros.

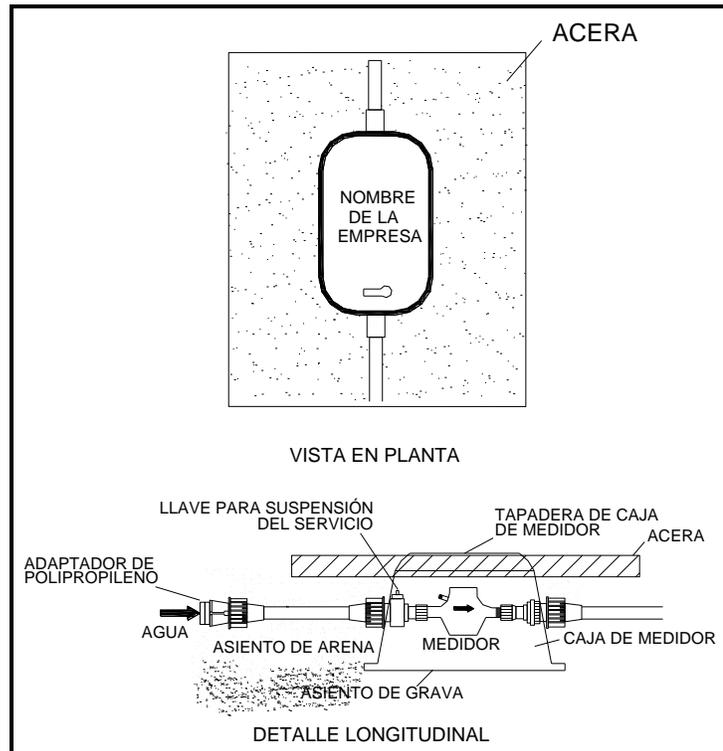
Tal vez en donde es mucho más evidente la falta de un programa de micromedición es en aquellos lugares donde el agua es abastecida desde un pozo. Como se expondrá en un numeral posterior, es en estos puntos en donde el agua se vuelve mucho más cara.

#### **2.4.1. Tipos de medidores**

Existen en el mercado básicamente 2 tipos de medidores de caudal para medición domiciliar: el volumétrico y el de velocidad o de hélice.

El medidor de velocidad no es aconsejable cuando existen aguas con algún tipo de sedimento, especialmente si es arena, ya que tiende a desgastar muy pronto el mecanismo, consistente básicamente en un rotor. Una característica que es importante tomar en cuenta es que los medidores tipo magnético tienen la ventaja que no existe contacto entre el mecanismo que registra el consumo y el mecanismo rotor, la tracción se verifica por medio de un campo magnéticos generado desde el mecanismo rotor.

Figura 7. **Instalación completa de un micromedidor en caja de plástico**



Fuente: elaboración propia.

Un buen programa de micromedición contempla no solo la adquisición de los micromedidores en si sino las cajas donde éstos estarán alojados, y las llaves de suspensión del servicio. En la ilustración 7 puede apreciarse una instalación típica hecha en caja plástica de alta densidad. Existen en el mercado una gran variedad de estas cajas. Algunas incluyen un visor hecho del mismo material, desde el cual el tomador de lecturas realiza su trabajo.

El problema de este tipo de cajas es que este visor llega a rayarse por el paso de personas en la acera. El modelo mostrado tiene una ranura donde se introduce una llave para abrir la caja y tomar la lectura. Como puede verse, el tipo de conector que viene desde el servicio no es de PVC duro. En este caso se emplea un adaptador de polipropileno, el cual por su flexibilidad facilita la conexión.

Esta característica reduce sustancialmente las fugas en el tubo de abasto, que por lo general es rígido. En países como Colombia como medida de seguridad extra sobre el precinto, se acostumbra cubrir las tuercas de conexión del micromedidor con dos accesorios (uno para cada tuerca) de plástico. Estos accesorios evitan la práctica tan común de invertir el micromedidor o bien alterar el mecanismo de registro. La característica de éstos es que si son retirados por parte de otra persona que no sea de la empresa de agua, no se pueden sustituir, indicando de esta forma que hubo alguna violación al sistema de medición.

En comunidades donde ya se encuentran instalados micromedidores, es conveniente realizar un diagnóstico del parque completo, con el fin de verificar el estado de los mismos. Si fruto de este diagnóstico fuera el cambio completo de los mismos por obsolescencia, éste deberá llevarse a cabo de forma tal que no dañe el presupuesto de gastos de la empresa.

### 2.4.2. Lectura y control del consumo

Como se menciona en el numeral anterior, el propósito de la instalación de micromedidores es establecer los consumos que se verifican en los inmuebles abastecidos. Como se verá en el numeral 2.6, los indicadores de desempeño son parámetros que indica cuán bien se están llevando a cabo las labores. Con relación a la toma de lectura, existen dos indicadores cuya importancia es clave para la buena gestión de esta actividad. Estos indicadores son:

- a) El índice de lectura, cuyo fin es el de verificar que todos los medidores registrados, activos y que sean incluidos dentro de las rutas de lectura, sean leídos de acuerdo al programa mensual establecido:

$$\text{Índice de lectura} = \frac{\text{Cantidad de medidores leídos}}{\text{Cantidad de medidores instalados}} = 1$$

- b) El índice de eficiencia de la lectura, el cual permite detectar los errores de lectura en que se incurren por parte de los lectores y tomar las medidas correctivas que se consideren convenientes. Una meta mensual aceptable es que este indicador sea menor o igual al 1% de las lecturas tomadas durante el mes:

$$\text{Eficiencia de la lectura} = \frac{\text{Cantidad de lecturas erróneas}}{\text{Cantidad de lecturas tomadas}} \times 100 \leq 1\%$$

La toma de lecturas es una actividad en donde los pasos para llevarla a cabo no varían mayor cosa entre las empresas. Posiblemente la única variación que existe es cuando esta rutina se lleva a cabo utilizando TPL. Los pasos que usualmente se llevan a cabo son los siguientes:

- El departamento de catastro envía al departamento de lectura la información respecto a las cuentas activas para el mes en curso.
- Se imprime el listado correspondiente para ser enviado al campo, en función de las rutas de lectura que se realizarán durante el día.
- Se entrega al lector los listados con los datos de los medidores a ser leídos durante el día y de acuerdo a la ruta.
- El lector se dirige a cada uno de los inmuebles que se encuentran en su ruta y luego de verificar que se trata del medidor correcto, anota la lectura en el formulario.
- Si no le es posible tomar la lectura, anotará el código que corresponda a la situación que se lo impidió, (ejemplo de una codificación se encuentra en la tabla III).
- Al final de la jornada de trabajo, el lector entrega los listados con las lecturas tomadas al encargado de la validación de las mismas.

Es recomendable que haya una persona en campo ejerciendo labores de supervisión para garantizar la buena calidad de las lecturas.

Tabla III. **Listado de códigos de problemas comunes que se pueden encontrar durante una toma de lectura de medidores**

<b>Código No.</b>	<b>Descripción</b>
1	Nombre equivocado
2	Sector equivocado
3	Boleta de lectura duplicada
4	Número de registro equivocado
5	Caja de medidor bajo llave
6	Servicio cortado
7	Medidor quitado
8	Medidor bloqueado
9	Servicio directo fraudulento
10	Medidor instalado adentro
10	Medidor profundo
12	Medidor perdido
13	Marchamo roto
14	Medidor sin número de registro
15	Medidor enterrado
16	Tapadera fundida
17	Tapadera pegada
18	Tapadera grande y pesada
19	Tapadera en mal estado
20	Caja protectora en mal estado
21	Caja sin tapadera
22	Medidor sin caja protectora
23	Marchamo nuevo

Continúa tabla III.

<b>Código No.</b>	<b>Descripción</b>
24	Medidor sin marchamo
25	Medidor instalado al revés
26	Otras causas físicas (especificar)
27	Carátula del medidor quitada
28	Carátula del medidor opaca
29	Carátula del medidor sucia
30	Carátula del medidor borrada
31	Carátula del medidor astillada
32	Carátula del medidor sin vidrio
33	Lectura recta descontrolada
34	Carátula del medidor rota
35	Caja protectora inundada
36	Fuga en el medidor
37	Fuga en la llave de parar

Fuente: Unidad de medición de EMPAGUA

Es común tomar en cuenta como parte del ciclo de toma de lecturas, el período conocido como: crítica de lectura.

Como se mencionó en los primeros párrafos de este numeral, algunas empresas utilizan TPL. Este método tiene la gran ventaja de reducir tiempos como el empleado en el proceso de crítica de lecturas, debido a que la persona encargada pueda emitir una factura, debe corroborar por lo menos dos veces la lectura tomada. De otra forma los dispositivos que porta (impresora térmica además de la computadora de mano) no permitirán emitir la factura.

La TPL lleva almacenada información relativa a todos los inmuebles cuyos medidores van a ser leídos durante un día en particular. Cuando el operador ingresa un dato tomado de un medidor cualquiera, el dispositivo verifica inmediatamente si dicho dato está dentro de los rangos que se esperan. Si el dato es incorrecto, emite un aviso para que la lectura sea tomada e ingresada nuevamente. Cuando el dato corresponde a lo que el dispositivo espera, éste emite un aviso para que la factura pueda imprimirse. Cuando a pesar de haber sido corroborado el dato, éste está fuera del rango esperado, el dispositivo emite un nuevo aviso de dato incorrecto.

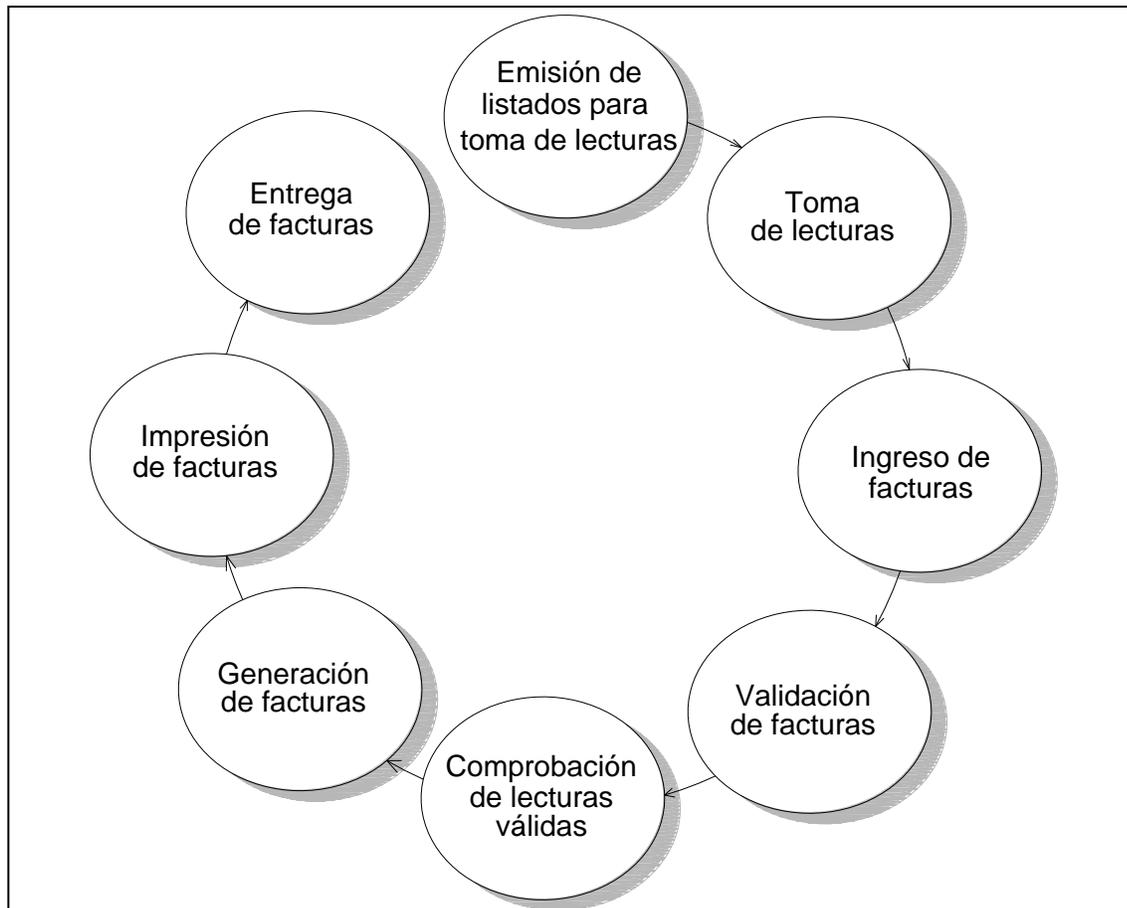
Es entonces cuando el operador puede dar la instrucción al equipo para que almacene un mensaje, mismo que alertará posteriormente al personal de la Empresa para que revise y repare el medidor en cuestión, o bien notifique al ocupante del domicilio para que efectúe reparaciones en el circuito interno del inmueble por presencia de fugas en las tuberías, o accesorios.

Cuando todo está en orden, el operador emite la factura de cobro correspondiente para ser entregada al ocupante del inmueble.

### **2.4.3. Ciclos de facturación**

El ciclo de facturación inicia con la lectura de los medidores y finaliza con la entrega de la factura correspondiente en cada domicilio. Si la lectura se lleva a cabo utilizando formularios escritos, este ciclo dura aproximadamente 10 a 12 días. Si se utilizan PTL, éste se reduce a minutos. La figura 8 sintetiza de forma clara los pasos que se lleva a cabo en un ciclo de facturación normal.

Figura 8. Diagrama de un ciclo de facturación



Fuente: elaboración propia.

## 2.5. Gestión comercial y recomendación del *software* mínimo

El sistema comercial de una empresa de agua constituye la columna vertebral de la gestión económica, sin él, toda la labor técnica no tendría ningún sustento ya que la compra de insumos, el pago de trabajadores y la cancelación de la factura eléctrica, por ejemplo, no podrían llevarse a cabo.

Un problema muy común en las empresas de servicio en general y que cuentan con un sistema comercial, es que cada uno de los departamentos que la integran (contabilidad, cobranzas, lectura de medidores, etc.) utiliza diferentes sistemas de proceso de la información. Algunos departamentos han migrado utilizando ya medios electrónicos. Otros aún utilizan tarjetas de cartulina (Cardex). Adicionado a este aspecto puede darse que exista incompatibilidad de software entre los distintos departamentos.

Como se indicará en el siguiente numeral, para una buena gestión de la empresa es preciso contar con información condensada y fidedigna para poder construir indicadores de gestión que permitan a los mandos medios, pero principalmente a la gerencia general, tomar las decisiones correctas.

Por esta razón, es preciso implementar la tecnología necesaria para que toda la información sea concentrada en un solo servidor con el fin de generar los ya referidos indicadores de gestión (IG).

Actualmente, el mercado brinda una serie de paquetes de *software* conocidos como ERP (*Enterprise Resource Planning*). Un ERP no es más que una colección de programas orientados a procesos que integran las diversas funciones de una empresa (financieras, producción, manufactura, ventas, facturación, almacenes, proveedores, etc.) en una base de datos. Estos paquetes ofrecen además herramientas para analizar la información, planificar los recursos y agilizar la operación, siguiendo las mejores prácticas al nivel mundial.

A continuación se enumeran las ventajas que se obtienen con la implementación de un ERP para empresas de cualquier magnitud:

- Permite la integración de los sistemas de información, tanto de cada departamento, como de la empresa en general.
- Mejora la administración en general.
- Mejora la atención al cliente.
- Facilita la actualización a nuevas tecnologías.
- Mejora la administración de la base de datos.

Cada unidad o departamento que genera información será parte de un módulo juntamente con otros departamentos o unidades con los que tenga relación directa. Estos módulos estarán comunicados entre sí creando el sistema completo, a través del cual se podrá acceder a toda la información requerida por la alta gerencia para obtener los IG con mayor rapidez, a la vez que la información estará en mayor orden, lo que facilitará la creación de nuevos IG o la mejora de los existentes. La figura 9 presenta un modelo básico del sistema.

Figura 9. **Esquema general de la fase inicial del sistema propuesto de gestión comercial y empresarial**



Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que además de los módulos propuestos en la figura 9, es prudente incluir el módulo de manejo de la producción en los distintos puntos de producción. La función de cada módulo será la siguiente:

Módulo de gestión de cobros: en este módulo se encontrarán agrupados las cajas receptoras, bancos y otros cobradores autorizados, el sistema almacenará la información de los pagos realizados de forma automática con los cajeros centrales y con los bancos y el resto de cobradores autorizados por medio de una conexión a través de internet. Para futuro desarrollo de la empresa, el sistema deberá actualizarse para permitir el cobro por débito directo automático, la gestión de deuda de clientes, el cobro de facturas de clientes catalogados como grandes consumidores, la cobranza anticipada, el seguimiento de cobros erróneos y la actualización de cobros.

Módulo de atención al cliente: este módulo administrará la información de cada cliente. Tendrá acceso a la información contenida tanto en el padrón o catastro de usuarios (administrado por el módulo de catastro), como sobre su historial de consumo y su saldo, al tener acceso a toda la información del cliente se podrá dar un mejor seguimiento a los reclamos que éste haga y se podrá evitar la apertura de nuevas cuentas a clientes morosos. Este módulo estará encargado de administrar nuevas solicitudes (tanto domiciliarias como comerciales) y llevar el seguimiento de éstas.

Módulo de facturación: este módulo tomará la información recopilada por el módulo de lectura de medidores y de gestión de cobros para realizar la facturación diaria de los clientes sin importar si es consumo real o estimado. Asimismo, el sistema será capaz de administrar los cambios derivados de la actualización tarifaria.

Módulo de catastro: este módulo administrará el padrón de usuarios y recopilará la información recabada por el módulo de atención al cliente con la que actualizará el padrón ya existente para lograr así un mayor control sobre el estado de cada cliente. Asimismo, el sistema deberá estar listo para incorporarle un sistema de información geográfico que se deberá implementar en el futuro.

Módulo de administración financiera: este módulo podrá ser separado más adelante en varios módulos si fuera necesario, ya que es que más información va a manejar, teniendo a su cargo la contabilidad general, presupuesto, recursos humanos, compras, inventario, etc. La función principal de este módulo será recopilar toda la información financiera y mantenerla disponible para la generación de los IG que requerirá el módulo de administración. Otros módulos en los cuales puede ser subdivido éste son los siguientes:

- Cuentas por cobrar
- Cuentas por pagar
- Activos fijos
- Tesorería

Módulo de producción: el objeto de este módulo es la gestión de la información proveniente de los macromedidores ubicados en puntos de producción. Su función es llevar un control del agua producida y suministrada a la red, idealmente, este módulo recibirá la información diaria a través de una conexión por medio de internet o telefónica y almacenará esta información para que pueda ser utilizada para crear reportes por el módulo de administración.

Módulo de administración: este módulo simplemente será el que reúna información del resto de los módulos para generar reportes e IG.

Otros módulos que podrían agregarse más adelante podrían ser:

- Administración de nuevas conexiones
- Administración de cortes y reconexiones
- Administración de incorporación y modificación de clientes

Como se mencionó anteriormente, el mercado de software ya ofrece una gran gama de paquetes de computación que podrían responder a las necesidades específicas de empresas de cualquier magnitud.

Es prudente indicar que no es necesario hacer una gran inversión en adquirir todos los módulos desde un principio. Para una empresa pequeña bastará con tener por lo menos un módulo de facturación, un módulo de catastro de usuarios y un módulo administrativo.

## 2.6. Indicadores de desempeño

Los Indicadores de desempeño o de gestión (IG), son herramientas que permiten medir la eficiencia y la eficacia de las actividades clave de una empresa. La eficiencia mide el grado en que se aprovechan los recursos disponibles en las empresas que operan sistemas de agua, y la eficacia mide el grado en que éstas cumplen sus objetivos en función de sus servicios.

Dos ejemplos de lo que son indicadores de gestión aparecen en el numeral 2.4.2., éstos permiten medir la eficiencia en la toma de lecturas.

Los indicadores son importantes porque permiten evaluar y mejorar los procesos y porque orientan las acciones que permiten alcanzar mejores resultados. Asimismo, permiten medir cambios en alguna condición o situación a través del tiempo.

Las características básicas de los indicadores se listan a continuación:

- Deben ser medibles
- Relevantes
- Cualitativos y cuantitativos
- Directos o indirectos
- Positivos o negativos

Los indicadores de gestión generalmente son producto de la información que la misma empresa produce a través de su diario que hacer. Esta información en la jerga de la gestión gerencial recibe el nombre de variables (ver tabla IV).

Tabla IV. **Estructura de variables**

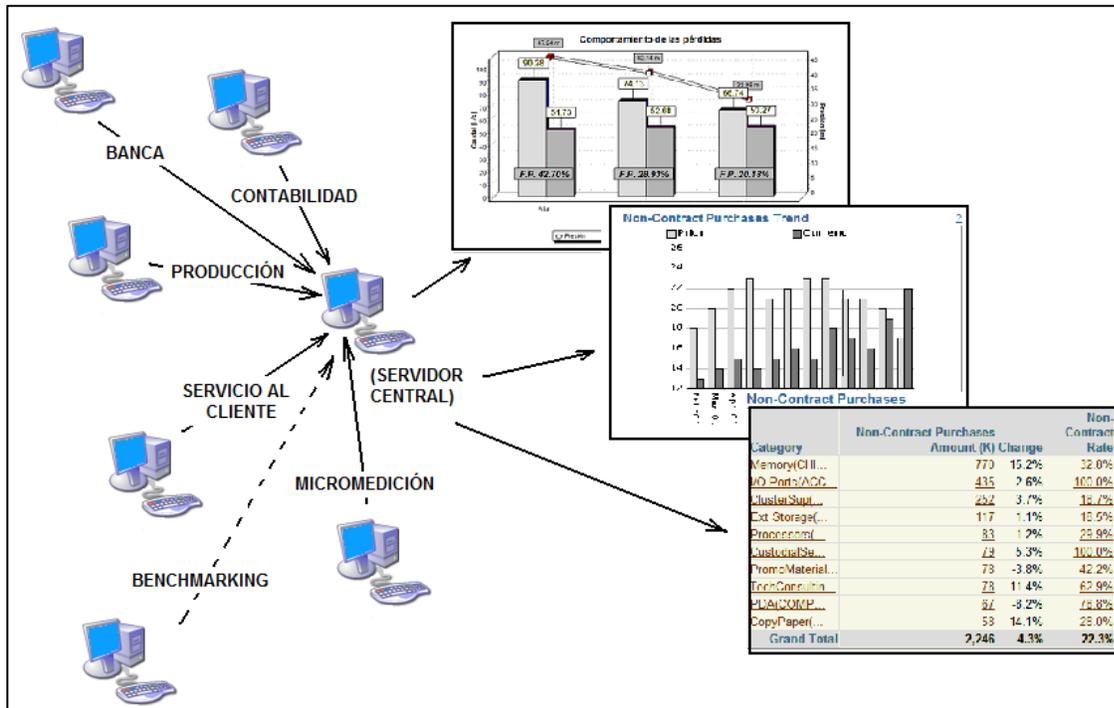
<b>Variables</b>	Datos de volumen de aguas
	Datos de personal de la empresa
	Datos de activos físicos
	Datos operacionales
	Demografía y datos de cliente
	Datos de calidad del servicio
	Datos financieros

Fuente: elaboración propia.

Como se describe en la figura 10 las variables son todas producidas desde distintos puntos dentro de la empresa. En algunas empresas éstas ingresan directamente al sistema ERP vía telemetría (información proveniente de macromedidores en puntos de producción, por ejemplo).

El Banco Mundial ha propuesto una serie de indicadores cuyo fin es la autoevaluación periódica de las empresas de servicio. Le facilitan a la vez la comparación con otras empresas que estén en el sector (*benchmarking*).

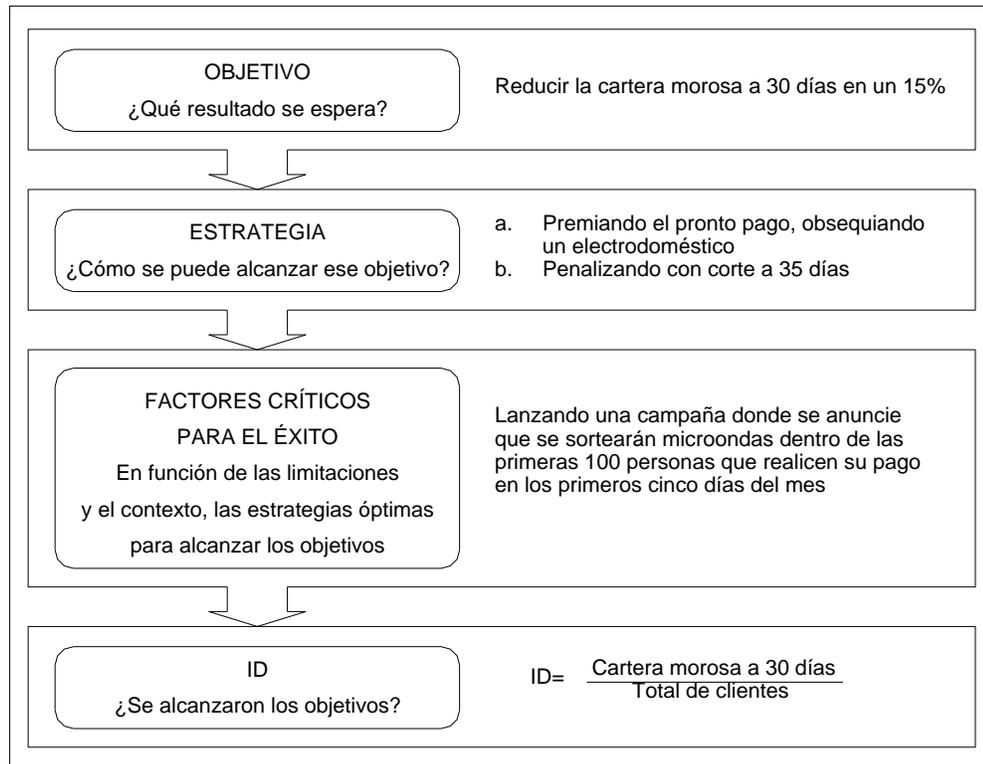
Figura 10. **Generación de indicadores de gestión por medio de información suministrada desde distintos puntos dentro de la empresa**



Fuente: elaboración propia.

Para definir indicadores de gestión es preciso definir primero objetivos, mismos que nacen de una necesidad sentida. En la figura 11 se describe la secuencia con que fue creado un indicador. En el ejemplo se asume que se encontró que la cartera de clientes morosos a 30 días era demasiado alta (los problemas con una cartera demasiado alta pueden estar perjudicando los ingresos netos de la empresa).

Figura 11. **Secuencia para la definición de un IG**



Fuente: elaboración propia.

Primero se planteó un objetivo: reducir la cartera de clientes morosos en un 15% (un objetivo moderadamente ambicioso). Seguidamente se plantearon dos estrategias. Se consideró ir por el lado de la estrategia más amigable: premiar el pronto pago. Esto se puede ver en el tercer paso. Finalmente, se definió el indicador en función de las variables: número de morosos a 30 días y total de clientes.

Para empresas dedicadas a proveer los servicios de agua potable y saneamiento existe un listado de indicadores propios. El software SIGMA creado por la Universidad Politécnica de Valencia contiene varios de estos indicadores. El software IWA para empresas de agua potable define 6 grupos de indicadores, mismos que se describen en la tabla V.

Tabla V: Estructura de indicadores

<b>Indicadores de Gestión</b>	Recursos hídricos
	Personal
	Físicos
	Operacionales
	Calidad de servicio
	Financiero

Fuente: elaboración propia.

Algunos indicadores más comunes se describen en la tabla VI.

Tabla VI. **Algunos ejemplos de indicadores de gestión**

<b>Eficiencia en el cobro (%)</b>	Ingresos/monto facturado multiplicado por 100
<b>Monto cobrado</b>	Monto recibido de los clientes por cargos por consumo
<b>Monto facturado</b>	Monto facturado en Q y m <sup>3</sup>
<b>Eficiencia en la lectura de medidores (%)</b>	Medidores leídos/medidores programados multiplicados por 100
<b>Estadísticas de producción de agua (m<sup>3</sup>)</b>	Cantidad de agua producida en cada planta potabilizadora o pozo
<b>Balances de caja y bancos (Q)</b>	Balance al final del día anterior (caja y bancos)
<b>Ingresos vs costos de operación (Q)</b>	Reporte contable mensual
<b>Ingresos vs costos de operación por m<sup>3</sup></b>	Reporte contable mensual en Q/ m <sup>3</sup> de consumo facturado
<b>Consumo facturado vs producción (m<sup>3</sup>, %)</b>	Consumo facturado m <sup>3</sup> /producción m <sup>3</sup> multiplicado por 100. Mostrar tendencias mensuales, mensual acumulado y promedio móvil anual

Fuente: elaboración propia.



### **3. REESTRUCTURACIÓN TARIFARIA, TEMA DELICADO PERO NECESARIO DE ABORDAR**

#### **3.1. El agua, un recurso finito**

Según el informe GEO, para el 2006 el capital hídrico total del país fue de 97 120 millones de m<sup>3</sup>, del cual únicamente se utiliza el 5%, el que a su vez se distribuye de la siguiente forma: con fines agropecuarios 77%; domésticos 16%; e industriales 7%.

Puede pensarse que existe un 95% sin explotar. Este capital hídrico sin embargo, se ve seriamente amenazado por malas prácticas que van desde la disposición irresponsable de aguas negras, hasta la contaminación de los mantos freáticos por medio de la utilización indiscriminada de pesticidas en la agricultura.

Por otro lado, el irracional avance de la frontera agrícola ha hecho que desaparezcan con el bosque, manantiales que han surtido a comunidades del interior del país por varios años.

Otro hecho importante es la explotación de los mantos acuíferos por medio de pozos mecánicos, como respuesta a la demanda del agua, especialmente en ciudades grandes como Guatemala, Escuintla y Quetzaltenango. Cabe mencionar aquí que esta práctica si continúa llevándose a cabo de forma ilimitada, puede impactar no sólo en la disminución de los mantos acuíferos sino en la contaminación de éstos por infiltración de lixiviados producidos por la mala disposición de desechos sólidos.

Finalmente, y según describe el referido informe: *“el crecimiento de la población y de su poder adquisitivo supone un incremento en la demanda y la presión sobre los recursos hídricos, tanto por el aumento del consumo doméstico, como por el aumento del consumo para actividades productivas. El acelerado crecimiento del PIB en Guatemala en los últimos años es proporcional al crecimiento de la demanda de consumo de agua de los sectores agropecuario e industrial, sectores que representan el 83% de los usos consuntivos en el país y ocupan alrededor del 70% de su PEA (sólo el sector agropecuario ocupa cerca del 50% de la PEA), sin tomar en cuenta sectores como la minería y el turismo que también están vinculados.”* (SEGEPLAN, 2006; IANAS, 2009).

Como puede verse, el recurso hídrico está seriamente amenazado por varios factores que limitan su uso, esto no sólo lo hace un recurso finito sino bastante vulnerable. Por eso es preciso darle su verdadera dimensión y protegerlo.

### **3.2. ¿Qué es lo que le da valor económico al agua?**

Desde el punto de vista del agua para consumo humano, es importante reconocer que a pesar de que desde niños se ha inculcado creerlo, éste recurso no es gratuito, tiene un valor. Parte de esta visión de gratuidad del recurso la han tenido organismos donantes (BID, BM, KfW, etc.) quienes con la mejor buena intención, a través de donaciones o préstamos, han permitido la construcción de acueductos en todo el país. Estos sistemas, sin embargo, tienen como impacto negativo el hecho de que a la mayoría de poblaciones beneficiadas no se les ha transmitido una cultura de pago de una tarifa para cubrir la operación y el mantenimiento de sus sistemas.

De aquí que en muchos casos, las comunidades al momento de que el sistema falla, prefieren solicitar un nuevo proyecto.

El valor económico del agua está en función de las distintas etapas que la distribución de este vital líquido pasa desde la captación hasta la entrega del agua en el domicilio (ver tabla VII).

Tabla VII **Costos asociados por actividad en un sistema cualquiera**

<b>Fase</b>	<b>Costos Asociados</b>
<b>Extracción, captación</b>	Costo de abstracción
	Costo de pago de agua en bloque
	Costos por consumo de energía eléctrica.
	Costos cuidado de cuenca hidrográfica
<b>Tratamiento/producción</b>	Costos de químicos (sulfato de aluminio, gas cloro, hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio).
	Salarios
	Costos por consumo de energía eléctrica.
<b>Almacenamiento y distribución</b>	Rentas de terrenos
	Reparaciones en la red
	Bombeos puntos altos
	Otros
<b>Consumo</b>	Lectura de medidores
	Taller de reparación de medidores
	Otros

Fuente: elaboración propia.

### **3.3. Ejemplo del cálculo para la determinación de una tarifa**

Como puede notarse, a partir del numeral anterior, el concepto de que el agua es gratuita no es válido. En el presente numeral se desarrolla un ejercicio sencillo para definir una tarifa, de acuerdo al proceso para la determinación de facturas de los proyectos incluidos como parte del “Programa II de Agua Potable y Saneamiento Básico para el Occidente del País” (1995-1999)..

Para el presente ejemplo se asume lo siguiente:

- El proyecto es abastecido por un pozo mecánico ubicado a inmediaciones del lugar que será abastecido (esto implica que no habrán costos grandes por pago de renta del área donde se asienta la tubería).
- Existe energía eléctrica trifásica cerca de donde se ubica el pozo (esto implica que los costos financieros de traer la energía de lejos son cero).
- El acuífero proveerá el agua de buena calidad (esto implica que no habrá costos por potabilización del agua debido a contaminación).
- El agua será clorada mediante gas cloro por seguridad (no se utilizará cloración con hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio ya que si bien es cierto los costos de inversión por cualquiera de estos dos métodos es bastante bajo, los costos de compra de adquisición de la materia prima hacen que los costos de operación y el mantenimiento sean altos al largo plazo).

- Finalmente, se asume que los costos de depreciación del tanque de almacenamiento y de la tubería en general son cero. Únicamente se incluye el costo de depreciación del equipo de bombeo y de adquisición de cilindros de gas cloro.

Los cálculos se abrevian en la tabla que aparece en la siguiente página (ver Tabla VIII). Además de las asunciones descritas arriba, en el cuadro resumen aparecen otras premisas necesarias para el cálculo.

Tabla VIII. Ejemplo de cálculo de una tarifa

<b>Cálculo de tarifa</b>			
<b>Proyecto:</b> Sistema de distribución de agua potable			
<b>Comunidad:</b> San Juan el Buen Ejemplo			
<b>Municipio:</b> Buen Ejemplo			
<b>Departamento:</b> Buen Ejemplo			
DATOS DEL PROYECTO			
a. Dotación	l/hab/día		100,00
b. Caudal máximo diario (CMD)	l/s		1,40
c. Consumo básico mensual	m <sup>3</sup> /mes	1.710,00	Dotación l/hab/día * No. habitantes * 30 días / 1000
d. Número actual de conexiones	No		95,00
e. Long. línea de cond-bombeo	Km		1,00
f. HP de la bomba	HP		5,00
g. No. horas de bombeo	horas		8,00
h. Long. red de distribución	Km		9,44
i. Costo materiales no locales obra	Q	393.376,70	
j. Costo equipo de bombeo	Q	25.700,00	
DATOS ECONÓMICOS			
j. Inflación anual	%		0
<b>Fuente:</b> <a href="http://www.mintrabajo.gob.gt/org/preguntas-frecuentes/bfcual-es-el-salario-minimo-en-guatemala">http://www.mintrabajo.gob.gt/org/preguntas-frecuentes/bfcual-es-el-salario-minimo-en-guatemala</a>			
k. Salario mínimo día	Q-día	56,00	
l. Costo del hipoclorito de calcio	Q/Lbs	20,62	<b>Fuente:</b> Precio/libra de gas cloro al 20/01/10
m. Costo de la electricidad	Q/ kwh	1,20	
n. Viáticos	Q-día	100,00	
1 COSTOS POR CUBRIR			
<b>Operación</b>			
5 días /100 conexiones + 1 día / 2km línea cond/bomb +			
Salario del operador	No días	14,97	1.089,82 5 días mantenimiento equipo
Hipoclorito de calcio	Kg.	74,81	1.542,42 ( 1mg Cl / l ; Q 20,62/Kg cloro)
Electricidad	kwh	904	1.084,78 HP * horas bombeo* 0.743 * Q/kwh * 365) /12
	<b>Sub-total</b>		<b>3.717,02</b>
<b>Mantenimiento</b>			
(2 al 5 por millar del costo de materiales de la obra / 12			
Mantenimiento del sistema		0,002	65,56 meses )
Mantenimiento del equipo de bombeo		0,1	214,17 10% anual (costo del equipo de bombeo)/12 meses
Reserva por reposición equipo bombeo		0,2	428,33 (20% anual del costo del equipo de bombeo/12 meses)
	<b>Sub-total</b>		<b>708,06</b>
<b>Administración</b>			
Honorario del tesorero	Q	0,1	442,51
Papelería	Q	1	95,00 (Q1.00 / conexión) estimado
Viáticos	Q	2	200,00 (No días de viáticos por trámites administrativos * Q 25.00 /día)
	<b>Sub-total</b>		<b>737,51</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>			<b>5.162,59</b>

Sostenibilidad en el suministro de agua: implementación de oficinas municipales para su correcta gestión, administración y manejo

Continúa tabla VIII

2 Tarifa Calculada		
<b>ESTIMACION TARIFA</b>		
Tarifa básica calculada	Q/mes	54,34 Total costos / No. Conexiones
<b>3 Consumo normal mensual/vivienda</b>		
	18 m <sup>3</sup> /mes	
<b>4 Tarifa adoptada por conexión actual</b>		
Q	55,00	al mes
<b>5 Tarifa básica unitaria</b>		
Q	3,02	Q/m <sup>3</sup>
Total costos / Consumo total m <sup>3</sup> por conexión (hasta 12 m <sup>3</sup> consumo)		
<b>6 Costo unitario m<sup>3</sup> adicional</b>		
Q	3,63	Q/m <sup>3</sup>
(Incremento del 20% del costo unitario del m <sup>3</sup> )		

Fuente: elaboración propia.

Como puede verse, la tarifa promedio es de Q 55,00/mes (equivalente a Q 3,02/m<sup>3</sup>). En el numeral 6 (costo unitario m<sup>3</sup> adicional), puede notarse que se agrega al costo por metro cúbico un 20% más. La justificación de este aumento tiene fines de disciplinar a aquel beneficiario del servicio que hace mal uso del agua.

Un aspecto importante a tomar en cuenta es que la facturación es válida si y solo si existe un programa activo de micromedición en toda la red de abastecimiento. El consumo estimado es válido en aquellos casos donde se registren micromedidores en mal estado.

Estos sin embargo, deben ser reparados lo más rápido que se pueda, ya que la inferenciación hecha en cada caso por consumo puede ser injusta para el consumidor o para la empresa que provee el servicio.

Otro aspecto que es muy importante tomar en cuenta es que una tarifa no es un elemento estático que se realiza una sola vez en todo el período de un proyecto. Algunos costos de insumos importantes (precio de la factura eléctrica y del cloro) varían de cuando en cuando. El formato presentado permite la indexación de la tarifa en función del cambio drástico del costo de insumos y de otros costos asociados como el salario mínimo.

La indexación de la tarifa es algo que debe acordarse con las comunidades desde un principio, especialmente en aquellos casos en donde la población es de muy bajos recursos. Es de recordar que las tarifas han sido un detonante para conflictos sociales en casi todo el país.

Todas las comunidades, sin embargo, como se mencionó anteriormente deben tener un claro entendimiento que la tarifa es el único medio para dar sostenibilidad a su sistema de abastecimiento de agua.

Las autoridades por su lado, deben establecer escalas con base a estudios socioeconómicos serios, para poder brindarle un servicio más justo, y poder subsidiar a quien realmente lo necesita. A este respecto, es prudente mencionar lo que sucede en Chile, en donde y gracias a caracterizaciones socioeconómicas que se realizan de forma bianual, se establecen tanto los montos a subsidiar, como el porcentaje de familias que si merecen dicho subsidio.

Sostenibilidad en el suministro de agua: implementación de oficinas municipales  
para su correcta gestión, administración y manejo

---

El monto subsidiado es cubierto por las comunas, quienes a su vez reciben del gobierno central el 100% del mismo.



## CONCLUSIONES

1. La correcta gestión de los recursos hídricos debe valorarse como un paso esencial en la consecución de la madurez que como país se debe alcanzar, para beneficio de las generaciones futuras.
2. Es necesario trabajar desde los círculos del poder político y económico en el cambio del paradigma tan común en el ciudadano medio de que el agua es un regalo divino. Si se continúa con esta mentalidad, se estará entregando a las futuras generaciones un país sin uno de los más preciados recursos: el agua.
3. El aseguramiento de la calidad en el recurso se puede alcanzar si existen los medios necesarios para cubrir los costos asociados. Esto sólo es posible a través de una administración apropiada del recurso hídrico.
4. Finalmente, la sostenibilidad en el manejo del recurso es un asunto que involucra a todos los ciudadanos. Sólo a través de una conciencia clara de que el agua es un bien finito, se podrá entender que ésta tiene un valor económico real.



## RECOMENDACIONES

1. Los entes gubernamentales a cargo del manejo de fondos provenientes de entes donantes deben hacer cuanto esté en sus manos para que toda comunidad beneficiada con un proyecto de agua potable y/o saneamiento básico, inicie un serio programa de facturación del servicio a fin que éste sea sostenible en el largo plazo.
2. El registro de todos y cada uno de los beneficiarios del servicio de agua potable y/o saneamiento básico es necesario para una tasación justa, por lo que se recomienda realizar un padrón usuarios como práctica inicial. Este padrón de ser posible, debe contener información socioeconómica de los vecinos a fin de establecer escalas de capacidad de pago que permitan un subsidio ecuánime.
3. Se recomienda instalar micromedidores desde el inicio del proyecto, con el fin de crear una cultura de pago justo entre los vecinos beneficiados. Esto a la vez permitirá crear conciencia del valor real del agua, fomentando el no desperdicio. Si ya se tienen establecidos las escalas de subsidio, la micromedición permitirá el cobro justo con base al consumo consiente.
4. Se recomienda que antes de realizar la micromedición, es necesario tener una red de distribución con la menor cantidad de pérdidas físicas para un mejor aprovechamiento del caudal de producción.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto de Fomento Municipal, Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales. *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. Guatemala: INFOM-UNEPAR, 1997. 66 p.
2. Instituto Tecnológico del Agua, Universidad Politécnica de Valencia. *Abastecimientos urbanos: problemática actual y propuesta de soluciones*. Valencia: ITA, 1993. 540 p.
3. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Informe ambiental del Estado de Guatemala GEO Guatemala 2009*. Guatemala: MARN, 2009. 286 p.
4. Water Authorities Association, Water Research Centre. *Leakage control policy and practice*. London: Water Authorities Association, 1985. 152 p.