



# Contribución del ingeniero de Sistemas a la sociedad: Sector Saneamiento en Perú

Marco Antonio Salcedo Huarcaya \*

## Resumen

El presente trabajo de investigación está referido que a través de los fundamentos de la carrera de Sistemas y Computación, en forma conjunta con las otras disciplinas profesionales, está permitiendo controlar las pérdidas de agua que se producen en la provincia de Lima y la provincia Constitucional del Callao, que está a cargo de la empresa SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima). Cabe indicar que, para elaborar este trabajo, la "Innovación" juega un papel importante, por lo cual se ha considerado la definición de C. Freeman: "La Innovación es el proceso de integración de la tecnología existente y los inventos para crear o mejorar un producto, un proceso o un sistema".

Asimismo, en su desarrollo, se utilizan nuevos enfoques de Innovación en lo relacionado con el Saneamiento, como la SECTORIZACIÓN, que consiste en definir áreas menores a 3 Km<sup>2</sup> aproximadamente, aisladas unas de otras. Cada una de ellas, dotadas de un solo punto de ingreso y otro de emergencia. Considerando que el hecho de tener áreas aisladas permitirá efectuar el mantenimiento preventivo y correctivo en la red; así como el uso de Tecnología GIS (Sistema de Información Geográfica) que nos permite capturar, almacenar, consultar, analizar, desplegar y mostrar resultados en todas sus formas sobre la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

## Palabras clave:

Innovación, Sectorización, Tecnología GIS.

## ABSTRACT

The present research we replicated and through the grounds of race and Computing Systems, in conjunction with other professional disciplines, you can control water losses occurring in the province of Lima and the Constitutional Province of Callao . In Peru, the water is in charge of SEDAPAL (Servicio de Agua Potable de Lima). It should be noted that to make this work 'innovation' plays an important role, which has been considered the definition of C. Freeman: "Innovation is the process of integration of existing technology and invention to create or improve a product, process or system."

Also in development using innovative new approaches in regard to sanitation, such as sectoral, which is to define smaller areas 3km<sup>2</sup> approximately isolated from each other. Each equipped with a single point of entry and other emergencies. Whereas having isolated areas will perform preventive and corrective maintenance on the network, as well as the use of GIS technology (Geographic Information System), which allows us to capture, store, query, analyze, display and display results all forms of geographically referenced information to solve complex planning and management.

## Keywords:

Innovation, sectoring, GIS Technology.

"LAS NUEVAS  
TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN Y  
COMUNICACIÓN:  
PROPUESTAS Y  
DESAFÍOS"

\*Docente de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Email: msalcedo@uigv.edu.pe



II CONGRESO

INTERNACIONAL DE

COMPUTACIÓN Y

TELECOMUNICACIONES

**COMTEL 2010**

## I. Introducción

De acuerdo con el XI Censo de Población, realizado el 21 de octubre de 2009, se estima que la población total del Perú asciende a 28.220.764 habitantes<sup>1</sup>. Toda esa población se encuentra distribuida en los 24 departamentos que tiene Perú y una Provincia Constitucional del Callao, siendo éstos a su vez, subdivididos en 194 provincias y 1.793 distritos. La atención al acceso al servicio de agua de estos 1.793 distritos, están dados de la manera siguiente: 1.522 son atendidas por las municipalidades, juntas administradoras de servicios de saneamiento u otras; mientras que 271 se encuentran bajo el ámbito de Empresas Prestadoras de Servicios (EPS<sup>2</sup>), supervisadas por la SUNASS.

SUNASS supervisa a 49 Empresas Prestadoras de Servicio (EPS), de las cuales 47 son empresas municipales. Una empresa se encuentra bajo la responsabilidad del gobierno central (SEDAPAL) y una se encuentra en Concesión (Aguas de Tumbes).

De todas las EPS, SEDAPAL es la mayor de todas, ya que atiende a la capital de la República y a la provincia constitucional del Callao; estando concentrados en el área geográfica de su jurisdicción alrededor de 8.1 millones de habitantes.

SEDAPAL es una empresa pública de derecho privado, íntegramente de propiedad del Estado, constituida como Sociedad Anónima a cargo del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, con autonomía técnica, administrativa, económica y financiera. Sus servicios son de necesidad y utilidad pública y de preferente interés social. La misma que tiene como Visión “Ser líderes, en Latinoamérica, en servicios de agua y alcantarillado”, y como Misión “Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población administrando eficientemente el recurso agua y la recolección y disposición final de aguas servidas, controlando la preservación del medio ambiente”.

Tiene como objetivos estratégicos empresariales:

- Incrementar el acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado.
- Mejorar la calidad de los servicios.
- Lograr la viabilidad financiera.
- Incrementar la sostenibilidad de los servicios.
- Modernizar la Gestión.

## II. Declaración del problema

El problema principal al que estuvo referido este trabajo de investigación es a “Controlar las Pérdidas de Agua” que se producen en la provincia de Lima y Callao, que está a cargo, en Perú, por la empresa SEDAPAL.

### En el mundo

El problema del Control de las pérdidas de agua por las empresas de saneamiento es un problema a nivel mundial. Ciudades como París (Francia)

<sup>1</sup> Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú.

<sup>2</sup> A diciembre 2005. Informe Técnico del ranking de las Empresas Prestadoras a nivel nacional (Al año 2005) – SUNASS.



y Los Ángeles (EE.UU.) tienen un porcentaje de Agua No Facturada que está alrededor de un 10%. Varias ciudades de Inglaterra tienen un índice de Agua No Facturada entre un 10 y 20% y se siguen considerando eficientes. EE.UU. se encuentra entre un 10 y 30%, lo cual empieza a mostrar algunos grados de ineficiencia, y a nivel latinoamericano tenemos porcentajes fluctuando entre el 30 y 80%, los que se considera demasiado alto y muestra la ineficiencia.

## En Perú

SEDAPAL es la mayor empresa que presta el servicio de agua potable. A pesar de que en los últimos años viene dando transformaciones internas respecto a superar mejor este tema, aún no ha sido suficiente. Siendo uno de sus problemas principales el alto índice porcentual de agua que no se factura, a pesar de estar producida (tratada), tal como se aprecia en el cuadro siguiente:

TABLA N° I

Registro de agua no facturada en SEDAPAL

Clasificación	Unidad	2007	2008	2009	2010
Volumen Producido	miles m <sup>3</sup>	650.763	658.749	671.604	175.000
Volumen Facturado	miles m <sup>3</sup>	410.072	414.912	415.879	109.000
Agua N° Facturada	%	37,0%	37,0%	38,1%	37,8%

Fuente: Indicadores de Gestión - I Trimestre 2010 (link <http://www.sedapal.com.pe/contenido/00689329.pdf>)

Considerando que:

- Volumen Producido: Volumen de agua que es captada y tratada para el consumo humano y que es distribuida a través de las redes primarias y secundarias a la Población de la Provincia de Lima y Callao.
- Volumen Facturado: Volumen de agua que la Empresa SEDAPAL factura a sus usuarios. Comprende el volumen de agua facturado mediante diferencia de lecturas del medidor y el volumen de agua facturado mediante asignaciones de consumo. Se expresa como porcentaje del volumen producido.
- Agua No Facturada: Volumen de agua producida, pero no facturada. Se expresa como porcentaje del volumen de agua producida. Bajo condiciones de micromedición universal (todos los usuarios cuentan medidor de consumo), el agua no facturada es igual al agua no contabilizada.

En términos matemáticos, es el siguiente:

$$P = \frac{V_d - (V_m + V_e)}{V_d} * 100$$

"LAS NUEVAS  
TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN Y  
COMUNICACIÓN:  
PROPUESTAS Y  
DESAFÍOS"



Donde: P = Agua no Facturada (%)  
Vd = Medida o estimación del consumo del sistema de distribución.  
Vm = Consumo medido a través de medidores.  
Ve = Estimación del consumo en conexiones.

Siendo los *Componentes del Agua No Facturada* los siguientes:

TABLA N° II  
Componentes del Agua no facturada

Pérdidas No Físicas	
Componente	Detalle
Volumen Consumido No Facturado	Subvención de consumo por instalación masiva de medidores
	Diferencia entre Vol. Real consumido (S/medidor) – Vol. Fact. Por asignación o promedio
	Corrección de volúmenes facturados por reclamo a la lectura (sobre registro)
	Consumos fuera del ciclo de lectura pendientes de facturación (baja voluntaria)
	Consumos en sectores no registrados en el Sistema (recepción obras pendientes)
Errores de medición	Subregistro de micromedidores
	Sensibilidad del medidor
Uso fraudulento	Conexiones clandestinas
	Derivación desde una conexión
	By pass al medidor
	Vandalismo del medidor
	Volumen registrado incorrecto por medidores invertidos
	Violación de cierre conexión sin medidor
Pérdidas Físicas	
Componente	Detalle
Usos Operacionales	Uso Racional: pruebas hidráulicas, desinfección de tuberías, limpieza de reservorios, instalación de medidores, cierres y reaperturas.
	Uso No Racional
Fugas en el Sistema de Distribución	Fugas en redes primarias
	Fugas en reservorio por rebose
	Fugas en redes secundarias
	Fugas en conexiones

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas (2001) "Estudio de Oferta y demanda servicios de agua potable y alcantarillado". Elaborado por Guillermo Yepes & Klas Ringskog, Consultores.

Cabe precisar, que en el caso de la empresa SEDAPAL existe una responsabilidad mayor, ya que la ciudad de Lima está sobre un desierto (la segunda ciudad del Mundo), y por ende el captar el recurso del agua es más limitado y difícil, involucrando un mayor presupuesto.



Comparando con otras ciudades de Latinoamérica versus la ciudad de Lima, se puede evidenciar que existen diferentes realidades, como en su mayoría existe una mayor precipitación de lluvias, por lo cual sus reservas de agua son siempre abastecidas, tal como se puede apreciar:

TABLA N° III

CUADRO COMPARATIVO DE LAS PRINCIPALES CIUDADES DE LATINOAMÉRICA

Ciudad	Población (Mill. Hab.)	Capacidad de producción (m3/s)	Reservas (Mill. M3)	Precipitación (mm/año)	ANF(%)
Río de Janeiro	9	52	(*)	1,170	57
Sao Paulo	25	90	2,073	1,500	38
Santiago	5.9	24	900	384	28
Bogotá	6.5	25	800	800	35
Lima	8.3	20	282	9	41

(\*) No tiene problemas de fuente por el gran caudal del río que abastece la ciudad y por el alto nivel de precipitaciones.

Fuente: Memorias Anuales de las principales Empresas de Saneamiento en Sudamérica.

Toda esta situación repercute en no desarrollarse eficientemente en diferentes aspectos, tales como:

- Aspectos relacionados con la Salud: La expansión vertiginosa de la Población (alrededor de 8 millones de habitantes) incide que exista una mayor probabilidad de epidemias por no contar con el recurso del agua, sobre todo en las zonas de extrema pobreza, donde la alta concentración urbana constituye un potencial foco infeccioso y de epidemias por no contar con los servicios básicos de abastecimiento de agua potable.
- Aspectos Económicos y de Inversión: El facturar sólo el 60% en promedio de todo el agua potable que se produce, repercute en los estados financieros de la empresa SEDAPAL, que podría (si se facturase) ser invertido en mayores obras públicas.
- Aspectos relacionados con el Servicio: La relación Empresa-Usuario se ve mermada debido a la demanda por dicho servicio, ya que un control más eficiente permitiría atender dicha demanda y así mejorar su calidad de vida.
- Aspectos de Desarrollo Tecnológico: El uso de nueva tecnología y modelos permitirá contribuir a la modernización empresarial de SEDAPAL.

### Situación anterior

En los años anteriores, SEDAPAL tenía un “modelo”, el cual ha mantenido por muchos años, dándole excelentes resultados; sin embargo, debido al crecimiento exponencial de la población que administra, ya no es suficiente por lo cual se requiere de un cambio de modelo. Dicha situación se representa a continuación:

“LAS NUEVAS  
TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN Y  
COMUNICACIÓN:  
PROPUESTAS Y  
DESAFÍOS”



Fig. 1. Representación de causa-efecto del problema. Diagrama Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia.

## Matriz FODA

A través del método FODA, que es una herramienta para el diagnóstico empresarial en el ámbito de la planeación estratégica, se ha determinado lo siguiente:

### Debilidades

- No existe una Metodología oficial y estándar para el cálculo y control del Agua no facturada.
- El procedimiento actual es manual y repercute en el uso de horas/hombre.
- Existe diversos formatos para el registro de información del Agua no facturada.
- La información relevante de la empresa se encuentra en diferentes sistemas no integrados.
- Falta completar el tratamiento a varios "Sectores".
- No existe una persona o grupo de trabajo constante para el control del Agua no facturada.

### Amenazas

- Cambios en la Alta Dirección postergan la implementación de acciones que permitan controlar el Agua no facturada.
- Nuevas tecnologías.
- Mantenimiento constante a la cartografía digital.
- Rechazo a los cambios por parte de la Empresa.
- Dificultades presupuestales para la adquisición de nuevos equipos, software, servicios, recursos humanos especializados.

### Fortalezas

- Cartografía base para la integración de los datos del Sistema de Información Geográfico.
- La empresa cuenta con Equipos de Alta Tecnología (Hardware) para



el uso del Sistema de Información Geográfico.

- La empresa cuenta con software GIS.
- El control del Agua no facturada está representado por el Indicador "Disminución del ANF".
- Personal comprometido con la Empresa para automatizar el cálculo del Agua no facturada.

### Oportunidades

- Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica a nivel Empresa.
- Implementación de un Sistema de Información Geográfica que sea compatible con los demás sistemas de la empresa.

### Acciones tomadas

#### Evaluar el modelo utilizado

La Empresa SEDAPAL, a su modelo anterior, le realizó cambios para atender el problema de la pérdida de agua y sus demás operaciones; por lo cual, tomando como referencia cómo se hacía en algunos países Europeos y de Asia, SEDAPAL, en el año 1996, determina la concepción de un nuevo modelo, partiendo de la concepción de SECTORIZAR el área que administra.

#### Sectorización

Son áreas menores a 3 Km<sup>2</sup> aproximadamente, aisladas unas de otras, cada una de ellas dotadas de un solo punto de ingreso y otro de emergencia.



Fig. 2. Representación de la sectorización en la provincia de Lima y Callao.

Fuente: Reporte GIS. SEDAPAL.

"LAS NUEVAS  
TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN Y  
COMUNICACIÓN:  
PROPUESTAS Y  
DESAFÍOS"

SEDAPAL consideró el hecho que de tener áreas aisladas, permitiría efectuar el mantenimiento preventivo y correctivo en la red y ser más eficientes, en vez de atender toda una vasta extensión.



## Aporte del Ingeniero de Sistemas

### Determinar el uso de tecnología adecuada

Se requería identificar una tecnología adecuada que nos permitiera gestionar la información catastral de cada sector y además nos permitiera el “enlace” con la información propia de la empresa SEDAPAL, es decir, información de usuarios, predios, conexiones, medidores, cartera morosa, etc.; por lo cual se determinó que lo requerido era la tecnología GIS.

### GIS: Sistema de Información Geográfica.

- Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una colección organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, consultar, analizar, desplegar y mostrar resultados en todas sus formas sobre la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

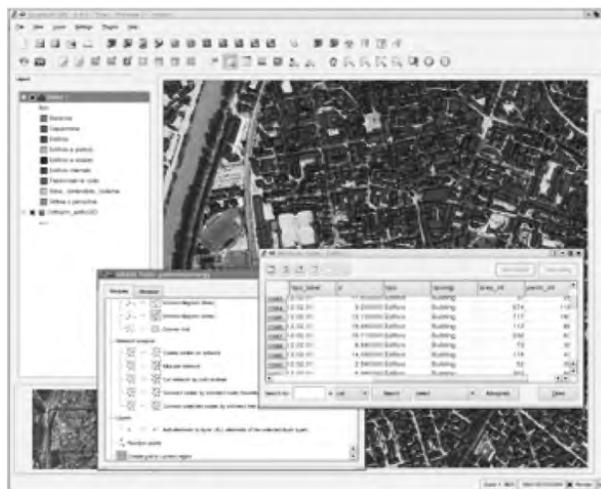


Fig. 3. Representación gráfica del Sistema de Información Geográfica

Fuente: Lang, Laura (2000) "Gis for Health Organizations", USA, Copyright ESRI. All rights reserved.

Es así, que nace una nueva concepción entre la tecnología GIS y la información catastral denominada SICAT (Sistema de Información catastral).



- SICAT: Sistema de Información Catastral. El SICAT tiene como concepción, en base a la Tecnología GIS (Sistema de Información Geográfica), que se pueda contar con toda la información catastral, vale decir, información de predios, conexiones, clientes, red de vías, etc. de manera digital, para que se pueda dar un mejor servicio, de calidad, y de manera oportuna.



Fig. 4. Representación conceptual del SICAT.

Fuente: Boletín Institucional SEDAPAL. 2006

## Determinando el nuevo modelo

Para definir el nuevo modelo, éste debe ser basado en el estudio del entorno interno y externo de la empresa SEDAPAL (FODA). Estos elementos internos y externos del entorno son individuos (trabajadores, clientes, proveedores, etc.) y organizaciones (Fonafe, Sunass, Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento, gobiernos locales, etc.) que tienen influencia sobre SEDAPAL; por consiguiente deben ser considerados en el nuevo modelo.

“LAS NUEVAS  
TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN Y  
COMUNICACIÓN:  
PROPUESTAS Y  
DESAFÍOS”

Su representación del análisis de pérdida se diagrama:

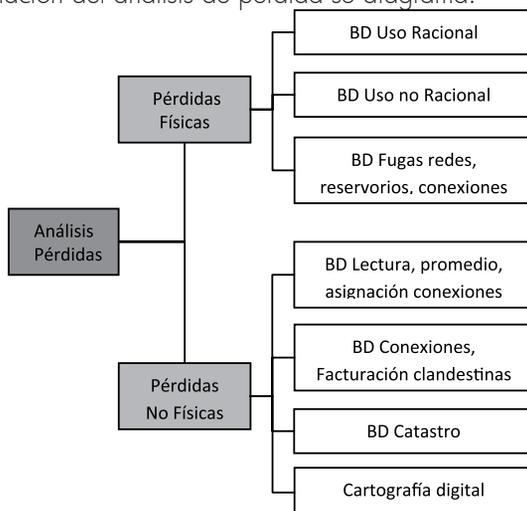


Fig. 5. Representación del análisis de pérdida.

Fuente: Elaboración propia.

## Determinando los procedimientos

El proyecto, en su concepción, consideró tres (3) etapas que debe tener cada Sector para poder “controlarlo”; siendo el procedimiento, por cada etapa, el siguiente:



- Etapa recepción del Sector: Cuando se han realizado en el Sector los trabajos de Adecuación de los Límites del Sector, se hacen pruebas iniciales de Hermeticidad<sup>3</sup> y se realizan las pruebas iniciales de Funcionalidad obteniendo el “Certificado de Funcionalidad del Sector”.



Fig. 6. Representación de la etapa 1. Recepción de sectores de agua no contabilizada

Fuente: Elaboración grupo proyecto. SEDAPAL

- Etapa implementación del Sector: Luego de haber obtenido el “Certificado de Funcionalidad”, se revisa e inspecciona los límites del Sector y la Hermeticidad del Sector, de una manera más exhaustiva por la parte Operativa y se continúa con las acciones Comerciales que corresponden, como son: la Actualización Catastral en Sectores de Distribución, Optimización de Ciclos Comerciales y Redistribución de Itinerarios, Ampliación de la Cobertura de Medición y Aseguramiento contra la Manipulación, tomándose las lecturas iniciales del Macromedidor y Micromedidor.

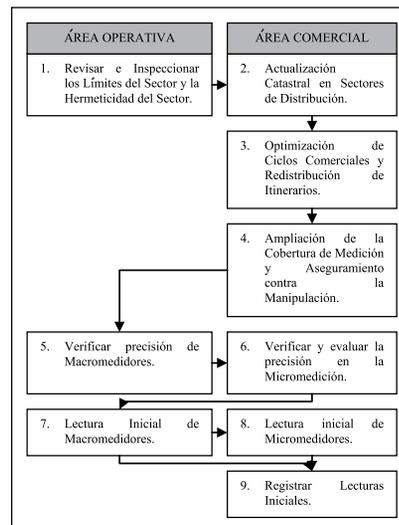


Fig. 7. Representación de la etapa 2. Implantación de sectores de agua no contabilizada

Fuente: Elaboración grupo proyecto. SEDAPAL

<sup>3</sup> Hermeticidad: Cuando las redes primarias y secundarias que bordean un Sector se encuentran selladas, no existiendo fugas.

- Etapa control del Sector: Se toma las lecturas evaluando los usos operacionales de la Macromedición y los resultados de la Micromedición y Facturación, determinando el Agua No Contabilizada y Agua No Facturada. Finalmente, de la evaluación se determina las acciones a realizar para su reducción.

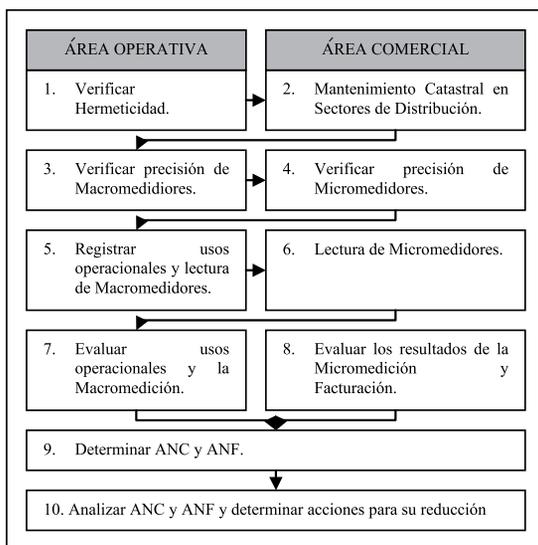


Fig. 8. Representación de la etapa 3. Control de sectores de agua no contabilizada

Fuente: Elaboración grupo proyecto. SEDAPAL

## Conclusiones

Considerando que el problema del Control de las pérdidas de agua, por las empresas de saneamiento, es un problema a nivel mundial, y siendo la ciudad de Lima una de las ciudades más pobladas (casi la tercera parte de la población del país vive en la capital), el aporte del presente trabajo de investigación se hace más significativo. En tal sentido, las conclusiones a que se han arribado son las siguientes:

1. La participación del profesional en Ingeniería de Sistemas cada vez toma mayor relevancia debido al consenso global que ha alcanzado la importancia de automatizar (total o parcial) los procesos críticos y nuevos del negocio a través del uso de sistemas de información.
2. Los nuevos sistemas adquiridos han permitido el desarrollo e implementación de nuevos sistemas que complementan aún más el control de las pérdidas de agua que se producen en la provincia de Lima y Callao a cargo de la empresa SEDAPAL.
3. Considerando que la "gestión del agua" ahora se está controlando por Sector, debido que tener áreas de dimensiones más pequeñas (en vez de atender toda una vasta extensión) permitiría efectuar el mantenimiento preventivo y correctivo en la red de manera más eficiente. Esta situación ha permitido mayores ingresos para la organización, porque el agua ya no se "perdería" por las conexiones clandestinas, fugas en redes, etc., en consecuencia, existiría mayores ingresos para más obras. Se reduce el índice de que exista una mayor probabilidad de epidemias por no contar con el recurso del agua, sobre todo en las zonas de extrema pobreza donde la alta concentración urbana

"LAS NUEVAS

TECNOLOGÍAS DE

INFORMACIÓN Y

COMUNICACIÓN:

PROPUESTAS Y

DESAFÍOS"



- constituye un potencial foco infeccioso, entre otros aspectos.
4. La información es el activo máspreciado que tienen las organizaciones. En ese sentido, se ven obligadas a salvaguardarlas, utilizando para ello el ámbito tecnológico que las rige con el fin de garantizar el normal funcionamiento de los sistemas de información.
5. El nuevo modelo desarrollado también ha permitido mejorar procesos internos, como la venta de conexión, lectura del medidor, evaluación de la cartera deudora, atención al cliente, etc.
6. El buen uso del agua contribuye con el Ambiente.
7. Para definir el nuevo modelo, fue necesario la participación de diferentes disciplinas profesionales, entre ellos el profesional en Ingeniería de Sistemas con el fin de concretar el proyecto y de esta manera contribuir a satisfacer las necesidades de la sociedad.

## Referencias

- [1] Kenneth C. Laudon y Jane P. Laudon (2007) "Sistemas de Información Gerencial", México, publicado por Prencise Hall, pp. 38-79.
- [2] Effy Oz (2008) "Sistemas de Información", México, Cengage Learning, Inc, pp. 313-378.
- [3] Ackoff, Russell (1993) "Rediseñando la empresa del futuro", México, Editorial Limusa, cap. 3.
- [4] Harold Koontz y Heinz Wehrich (2003) "Administración: Una perspectiva global", México, McGraw-Hill Interamericana, 12ª Edición, cap. 2.
- [5] Lang, Laura (2000) "Gis for Health Organizations", USA, Copyright ESRI. All rights reservad.
- [6] Ministerio de Economía y Finanzas (2001) "Estudio de Oferta y demanda servicios de agua potable y alcantarillado". Elaborado por Guillermo Yepes & Klas Ringskog, Consultores.
- [7] SUNASS (2006) "Informe Técnico del ranking de las Empresas Prestadoras a nivel nacional. Al año 2005".
- [8] Memorias Anuales de la empresa SEDAPAL por los años 2003, 2004, 2005 y 2006. Y de las principales Empresas de Saneamiento en Sudamérica.
- [9] Gutiérrez Lejía, Benjamín (2001). Establecimiento de una Metodología para levantamientos catastrales de predios rurales mediante el uso de tecnología GPS en el Perú. Tesis de Doctorado en Ingeniería de Sistemas, Escuela de Post-Grado, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
- [10] Sotelo Morey, Alejandro Alfonso (2000). Administración Estratégica y Competitividad; El caso de las pequeñas empresas en el Perú. Tesis de Maestría en Administración con mención en Gestión Empresarial, Escuela de Post-Grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.