



Título: Gestión Integral del Agua Urbana mediante Sistemas de Información Geográfica, perspectivas para su desarrollo en Cuba.

Autor: Ing. Yoany Sánchez Cruz.

Institución: Empresa de Acueducto y Alcantarillado Aguas de La Habana, Fomento y Recreo, Reparto Palatino, Cerro, La Habana, Cuba.

Teléfono: 643-4950. Ext. 370. **Correo electrónico:** yoany@ahabana.co.cu

Resumen

La Gestión Integral del Agua Urbana (GIAU) consiste en manejar el sistema completo del recurso hídrico urbano como parte de una estructura coherente (Srinivas, 2009). Son muchos los aspectos necesarios para lograr una gestión eficiente mediante los postulados de la GIAU, van desde los intereses económicos y sociales de un gobierno, hasta la concepción general de cómo concebir el plan.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) están siendo considerados herramientas potentes para la planificación y gestión de bienes comerciales, socio-económicos y medio ambientales, de ahí la idea de apostar por su uso para lograr un plan estratégico de planeamiento en la GIAU.

Aunque en la actualidad el enfoque de los SIG en las empresas de aguas a nivel Internacional está generalmente dirigido a la gestión técnica de infraestructuras, se concibe como un sistema de gestión corporativo, y se opta por su integración con otras técnicas (Pérez, 2011).

En Cuba no se ha generalizado el uso SIG para la gestión de acueductos, tecnología que aumenta el rendimiento de la actividad (Sectorización, Proyecto, Planeación, Operación, etc) y contribuye a elevar la calidad del servicio, solo Aguas de La Habana y Aguas Varadero han apostado por su utilización mostrando al resto de los acueductos la capacidad de los mismos para mejorar la gestión.

La actual Política Nacional del Agua (INRH, 2012) alerta sobre la necesidad de modernizar la gestión en los acueductos y apuesta por el uso de las más modernas técnicas científico-técnicas y operativas para lograr tales objetivos y racionalizar el agua. La presente investigación pretende sentar bases para el desarrollo a nivel Nacional de una estrategia que generalice el uso de los SIG en la GIAU en Cuba planteando aspectos esenciales para su desarrollo y conceptos básicos para su concepción.

Palabras claves

Sistemas de Información Geográfica (SIG),
Gestión Integral del Agua Urbana (GIAU)
Acueducto

Introducción

La Gestión Integral del Agua del Agua Urbana (GIAU) engloba las diferentes fuentes de agua que se hallan dentro de una zona de captación urbana las cuales van desde las aguas superficiales y subterráneas, pluviales y desalinizadas, aguas transferidas y aguas virtuales; considerando siempre su calidad y cantidad de acuerdo a las diferentes necesidades. Tiene en cuenta el proceso de captación, almacenaje, distribución, tratamiento, reutilización y vertido final del agua, como parte de un ciclo en vez de considerarlo como actividades separadas, planificando la infraestructura de acuerdo con esta visión, a todo este proceso se le conoce como el Ciclo Integral del Agua Urbana (Ilustración 1).



Ilustración 1: Ciclo Integral del Agua Urbana

La GIAU tiene en cuenta la diversidad de otros usuarios y ecosistemas que dependen de los mismos cuerpos de agua que la ciudad y busca balancear la eficiencia económica, la equidad social y la sostenibilidad ambiental. Está insertada dentro de una noción más amplia de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) teniendo en cuenta que la unidad hidrológica convencional de análisis y gestión de la GIRH es la cuenca. Así, la GIAU no es un fin en sí misma sino más bien, es un medio para vigilar un sub- sistema de cuenca en búsqueda la seguridad hídrica: una mejor disponibilidad y acceso al agua y reducción de conflictos por el uso de este recurso y de los riesgos relacionados con el mismo (GWP, 2011).

Son varios los aspectos que van aportando integralidad al proceso GIAU y hacen que este manifieste de manera integral teniendo en cuenta cada uno de los

elementos interrelacionados entre sí a través de una correcta planificación urbana (Ilustración 2).

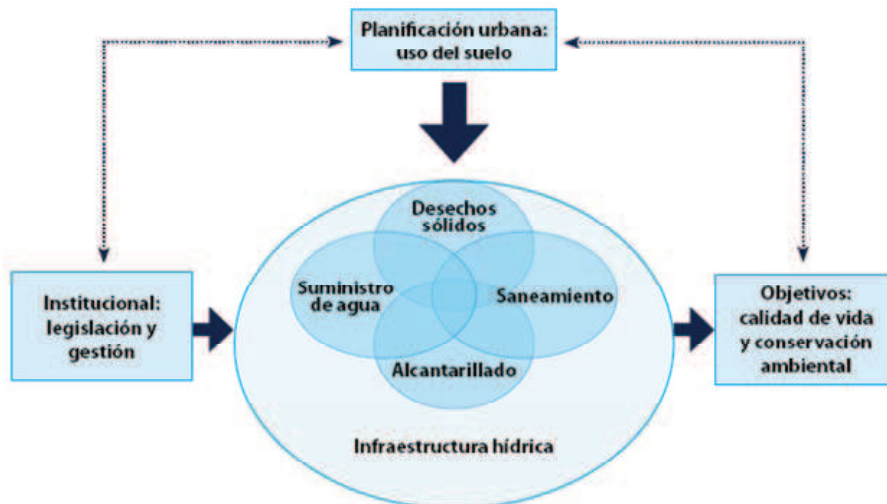


Ilustración 2: Gestión del Agua Urbana (Fuente: Tucci, 2009)

Cada uno de estos aspectos tiene un fuerte componente espacio-temporal y temático dado por la propia distribución geográfica y las características técnicas y de operación. Por ejemplo, el uso de suelo tiene una distribución espacial que puede o no variar en el tiempo en función de diversos factores, unido a ellos están los aspectos de conservación ambiental, y legislativos.

La infraestructura hídrica, aspecto indispensable para todo desarrollo económico-social, tiene de la misma forma una ubicación en el espacio geográfico que le confiere atributos propios. La interrelación de todos estos aspectos, tanto en coordenadas geográficas como temáticas, resulta en una perfecta integración, manipulación y gestión.

Cuba se ha ido insertando dentro de la Gestión Integrada, la iniciativa más acertada para tales fines lo constituye en la actualidad la Política Nacional del Agua aprobada en el mes de Diciembre del 2012 por el máximo organismo rector del agua en Cuba, el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), para lo cual se han trazado los siguientes objetivos:

1. Fomentar el uso racional y productivo del agua en función del desarrollo socio económico del país.
2. Elevar la calidad de los servicios de abasto de agua potable y saneamiento contribuyendo a la salud humana y ambiental.
3. Asegurar la gestión integrada y sostenible del agua por cuencas hidrográficas con vistas a su disponibilidad, protección y reducción de inundaciones.

La forma de planear y ejecutar va cambiando y se deben de crear las bases para hacer el proceso más óptimo y evitar errores.

Una práctica que cada vez se desarrolla más a nivel mundial para el manejo de información espacial para el planeamiento, gestión y operación en materia de agua y saneamiento, son los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Aspecto clave para esta ciencia es sin dudas los datos a utilizar, los cuales deben de cumplir parámetros de calidad para ser utilizados de forma fiable.

La utilización de datos de diferentes fuentes ocasiona redundancia e inconsistencia en resultados por lo que cuando se persigue lograr un mismo objetivo es recomendable diseñar unos Modelos de Datos específicos para la actividad en cuestión. Este Modelo debe de responder a criterios de interoperabilidad para una mejor integración entre organismos operadores, reguladores y tomadores de decisiones.

La siguiente investigación pretende sentar bases para una futura generalización del uso de los SIG en la Gestión Integral del Agua Urbana en Cuba. Son apenas apuntes para un comienzo que apostaría por el uso racional del agua y por una mejora en la eficiencia de los sistemas de abasto, así como en la calidad del servicio.

SIG para la gestión de acueductos

El uso de los SIG ha sido ampliamente difundido en todas las ramas de la economía, la sociedad y el Medio Ambiente, la gestión de acueductos no ha quedado exenta de esta tendencia y hoy en día ya se habla de una Infraestructura de Datos Espaciales para el Manejo Integral del Agua en acueductos.

La generalización en el uso de SIG ha llevado, asociada la digitalización de una buena parte de la información espacial previamente disponible en soportes convencionales, a introducir las nuevas tecnologías para la adquisición de información espacial con el empleo de medios tales como, la imaginería de satélite o los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) y los Servidores de Datos en Internet.

Aunque en la actualidad el enfoque de los SIG en las empresas de aguas está generalmente dirigido a la gestión técnica de infraestructuras, se concibe como un sistema de gestión corporativo, y se opta por su integración con otras técnicas (Pérez 2011). Pudiera decirse entonces que solo un software SIG no gestiona, en su totalidad, las tareas que en una empresa de acueducto se tratan. La Ilustración 3 muestra un esquema SIG para la gestión de acueductos.

El SIG, mapea, planifica, analiza y ayuda a la toma de decisiones. La interacción con software de diseño (CAD), análisis de redes (WaterCad, Epanet, etc), así como con programas de modelación Hidrológica y de balances de consumo, hacen de los SIG una fuente de concurrencia de conceptos y resultados en la que los datos georeferenciados, contribuyen a delimitar y/o solucionar un determinado problema.

Los asuntos relacionados con planeamientos y desarrollo, son ampliamente gestionados mediante un SIG de acueducto. Constituyen una herramienta clave para tomar decisiones apoyando a técnicos y especialistas a la hora de delimitar y dar solución a una tarea técnica.

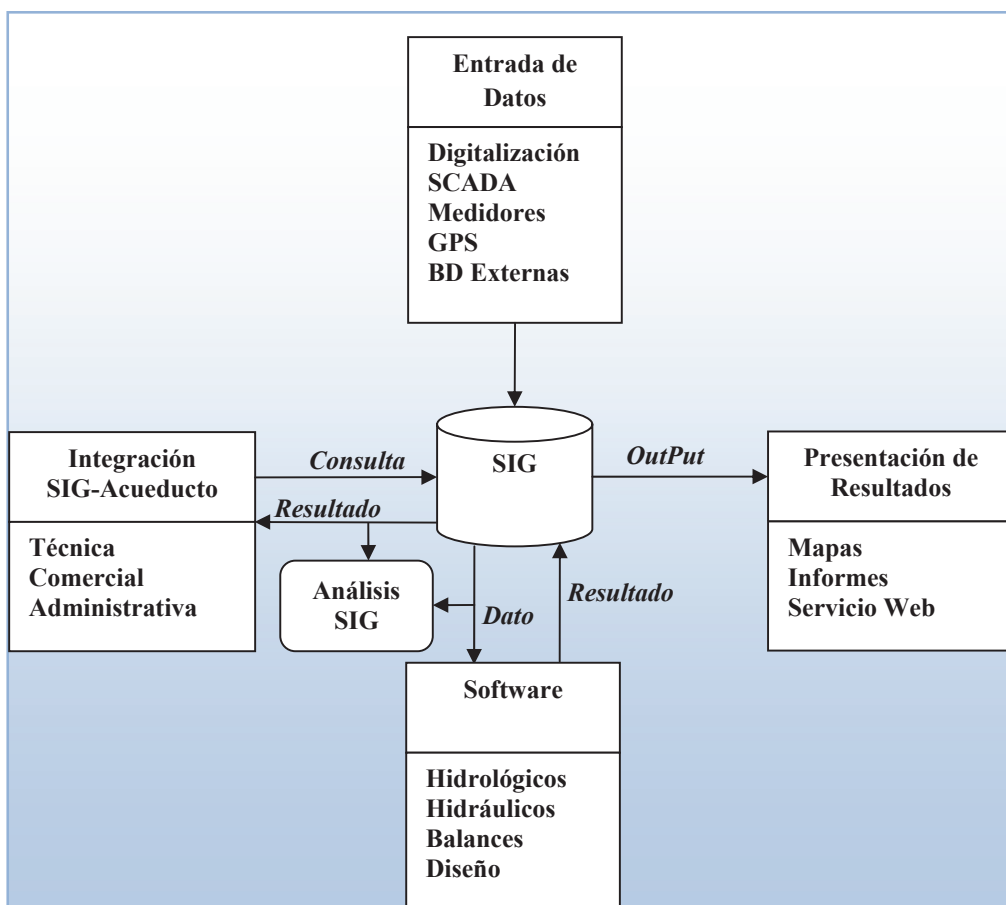


Ilustración 3: Esquema SIG para la gestión de acueductos.

Existen tendencias de incorporar a los SIG desarrollos propios para el manejo de tareas de redes, la potencialidad del modelado matemático y del diseño aún está a medias en los software SIG que están en el mercado. Hay ejemplos aplicables de extensiones SIG que incorporan elementos del modelado matemático de redes, tal es el caso de GISRed e InfoWater, ambos de carácter Propietario.

En muchos países la gestión de acueductos sigue apostando por dar agua sin utilizar las más modernas técnicas de servicio lo cual trae consigo el no desarrollo, a veces por desconocimiento, y otras por motivos financieros, de nuevos avances en el campo de los SIG asociados a esta tarea. La situación cada vez más crítica del Cambio Climático, obliga a la racionalización de recursos naturales tomando auge los más innovadores conceptos sobre Manejo Integral del Agua como alternativa para contrarrestar los efectos del evidente deterioro del Medio Ambiente.

Los SIG vinculados a los acueductos han demostrado ser eficientes portadores de conceptos revolucionarios para la GIAU, al ser capaces de interrelacionar un conjunto de elementos claves, y poder tener vinculado el ciclo de gestión en el acueducto desde la captación en la fuente de abasto hasta su disposición final o posibles planes de reutilización; los resultados sociales y económicos son tangibles.

En Cuba no se ha difundido el uso SIG para la gestión de acueductos, es una tecnología que aumenta el rendimiento de la actividad y contribuye a elevar el nivel de planeamiento, tan importante por estos tiempos por el ahorro de recursos financieros que significa.

Muchos son los cambios que la dirección del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) viene haciendo en los principales acueductos del país (Santiago de Cuba, Granma, Manzanillo, Villa Clara, etc), pensar dentro de unos años en modificar, operar o tomar decisiones técnicas sin una Base de Datos geográfica basada en SIG, pudiera convertirse en un problema tan complejo como el de encontrar una nueva fuente de abasto.

El ahorro en la actividad de acueducto, ya no solo es de recursos financieros y portadores energéticos, el uso racional del agua constituye ya un hecho que debemos asumir. El SIG, al mantener un constante intercambio con el medio geográfico y permitir el intercambio y relación con otros elementos relacionados con la gestión, es una salida inteligente a la GIAU.

Procedimiento de implantación de un SIG en una Empresa de Acueducto.

Los procedimientos propuestos se basan en la experiencia de Aguas de la Habana (Pérez 2011). Han sido agrupados en 3 grandes etapas (Ilustración 4), resaltan, por su importancia, las labores de recopilación de los datos de elementos de redes mediante trabajos de campo, la normalización de la información al modelo de datos adoptado, el proceso de conversión a formato SIG y el de actualización constante de la base de datos geográfica desarrollada, entre otros.

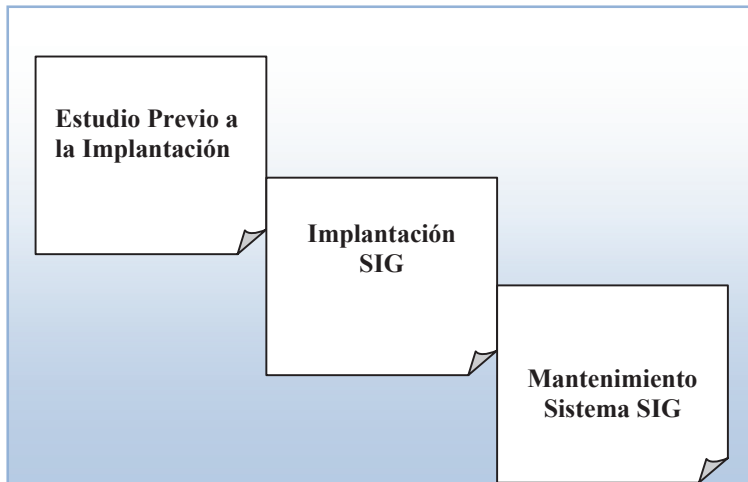


Ilustración 4: Secuencia General de la Implantación SIG.

Cada una de estas etapas debe de estar guiada por una preparación técnica del personal implicado en la implantación para evitar fracasos y gasto innecesario de recursos. No hay una más importante que la otra, todas tributan, de la misma manera, al objetivo final de la implantación SIG.

Integración del SIG con la actividad de acueducto.

El desarrollo de los SIG entre las empresas que gestionan los abastecimientos de agua y saneamiento se ha ido concentrando en integrar cada una de las áreas bajo los principios de la geo referenciación y los análisis espaciales. La capacidad de los SIG para combinar la información geográfica con la información alfanumérica, hace de estos el soporte ideal para tareas de consulta, inventario, gestión de acometidas, gestión de averías, análisis de la demanda, y otras tareas que en una empresa de acueducto se realizan a diario.

Durante la XXV Jornadas Técnicas de la Asociación Española de Abastecimientos de Aguas y Saneamiento AEAS'05, celebrado en Palma de Mallorca, España, Cabo et al. 2005, marcaron pauta en la integración de los SIG con otras áreas en una Empresa de Acueducto. En la actualidad, nuevas integraciones se siguen encontrando; la concesión de Manejo Integral del Agua ha contribuido a ver desde una visión holística la gestión del agua; mediante la integración SIG se relacionan espacialmente todas las actividades técnicas, comerciales y de gestión que puedan asimilarse en la actividad. La integración presentada en la Ilustración 5 queda abierta a nuevos aportes en este ámbito.

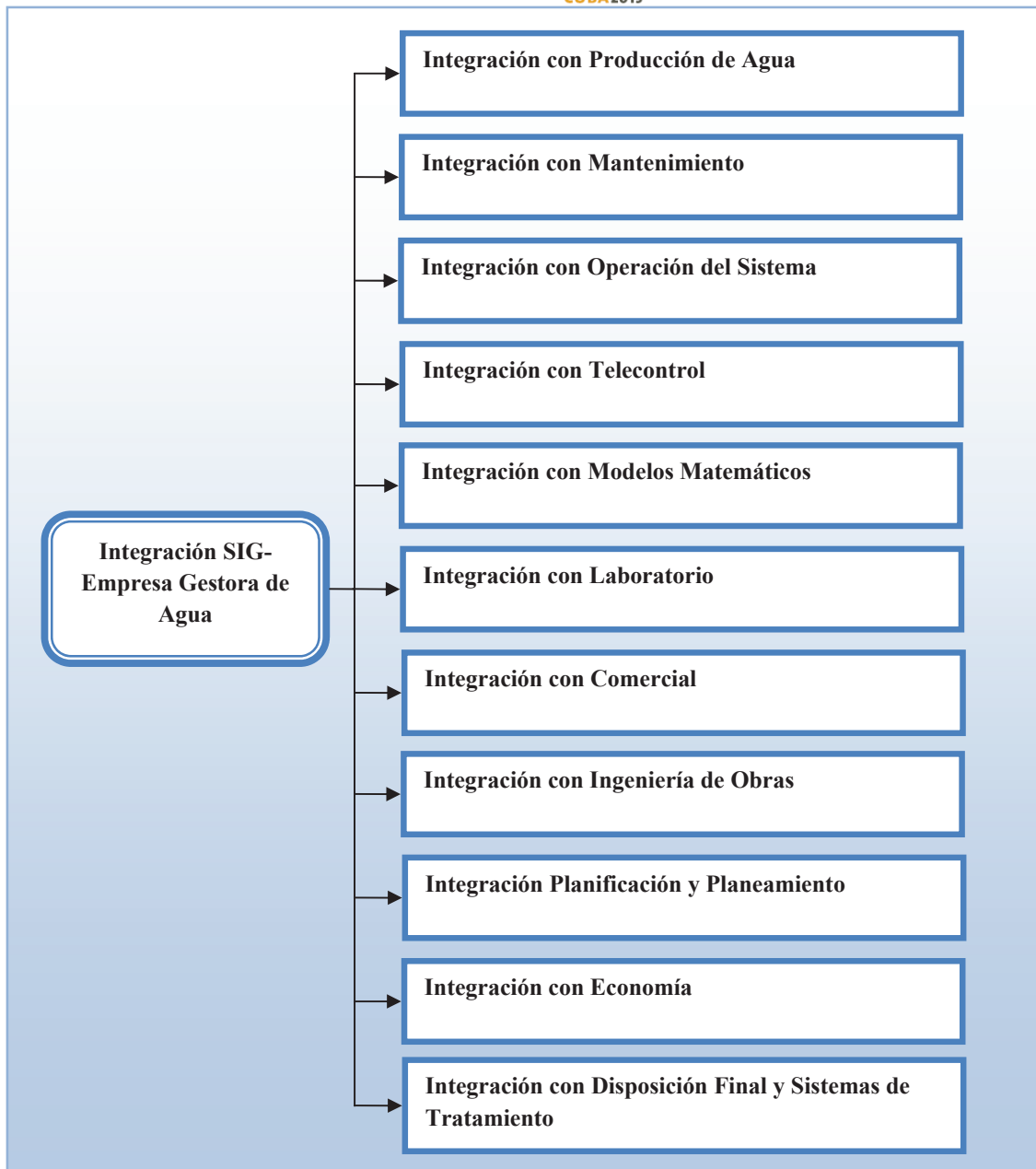


Ilustración 5: Integración SIG con la actividad de acueducto.

La integración SIG-Acueducto debe de estar guiada por la retroalimentación entre ambas. Todo lo que se transforme, debe regresar al SIG con el objetivo de ser actualizado. Es preciso normar este proceso a través de un Flujo de Información hacia el SIG que garantice la actualización, estableciendo el contenido y movimiento de la información, desde que es generada, producto de las labores de mantenimiento y reparaciones en las redes de acueducto, alcantarillado y drenaje pluvial y por los trabajos de rehabilitación o construcción de nuevas infraestructuras. Es su objetivo también, establecer los mecanismos para el

reporte de cambios en estados operativos de elementos de red que pudiera generarse por decisiones de operación del sistema, o por cambios en el equipamiento instalado en fuentes de abasto e impulsores.

Necesidades para una correcta implantación de un plan SIG para la Gestión Integral del Agua Urbana en Cuba

Los **Datos** son uno de los frenos más importantes que actualmente tiene la iniciativa del manejo de una Empresa del Ciclo Integral Urbano mediante un SIG. La Cartografía necesaria para la iniciativa requerirá de altos estándares de calidad, así como de una adecuada Escala de precisión. Sería muy interesante valorar el costo-beneficio que revertiría una inversión de tal magnitud por parte del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

La mayoría de los acueductos en Cuba carecen de información tanto en formato papel como en formato digital de dónde están sus redes, por lo que se impone una ardua tarea de Catastro que ayude a descubrir el entramado tejido del agua que bajo las ciudades se esconde. Es importante tener en cuenta, sobre todo en aquellos acueductos que recientemente se rehabilitan, que los nuevos materiales (Poliétileno de Alta Densidad -PAD-) no son detectados por los equipos actuales de detección de tuberías, por lo que se impone el rescate a pie de obra de los croquis finales de ejecución para dejar constancia exacta de la localización de la red.

Se impone el diseño de un **Modelo de Datos** para lograr los objetivos trazados en la Política Nacional del Agua la cual contempla todos los usos y actividades de desarrollo económico-social. Específicamente se trata en la investigación, la información referente a acueducto y saneamiento desde el punto de vista de la Gestión Integral, para lo cual se propone el Modelo Estandarizado de Base de Datos para la Gestión Integral del Agua en Cuba (MEBADE-GIAU).

El MEBADE-GIAU pudiera ser, en primera instancia, un mecanismo de carácter Organizacional que contribuya, mediante un SIG, a la toma de decisiones importantes para la gestión del Agua en Acueductos, o bien pudiera ser implantado en las propias Empresas de Acueducto y estas tributar, de manera centralizada, al Organismo Superior con vistas a que este valore proyectos de crecimiento.

El diseño, gestión e implementación de un MEBADE-GIAU depende de dos aspectos fundamentales, los Informáticos y los de la propia Gestión como se muestra en la lustración 6.

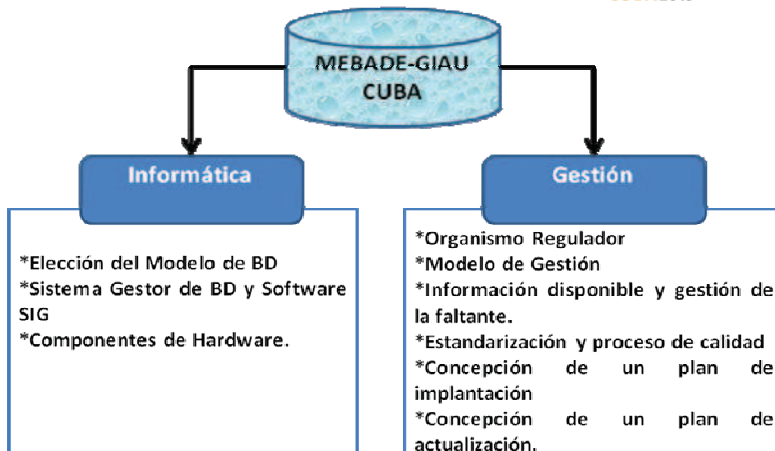


Ilustración 6: Integración SIG con la actividad de acueducto.

La elección de un **Software** SIG apropiado para la actividad es un aspecto a tener en cuenta, sobre todo si se analiza que un potente software SIG para la gestión de acueducto será aquel que tenga mejores cualidades desde el punto de vista vectorial ya que más del 95% de la información será representada y analizada bajo este formato. Cuba está comenzando a apostar por el uso de software libre con vistas a ganar independencia tecnológica y seguridad, en este sentido poderosos software emergen como soluciones, tal es el caso de GvSig.

Se imprime de igual manera la necesidad de adaptar un software específico a las necesidades reales de una explotación. Quizás el ejemplo más concreto de este asunto está en el desarrollo que Aguas Barcelona ha hecho con licencia del Software Propietario ArcGis logrando encubar GisAgua, una aplicación que gestiona el Ciclo Integral del Agua.

Las nuevas tendencias SIG contemplan a la **Web** como potente desarrollo para la visualización y captura de Mapas. Esta tendencia pudiera ser muy utilizada si se tiene en cuenta que en las Empresas Gestoras del Ciclo Integral del Agua existen dependencias remotas que en muchos casos pudieran conectarse vía Web.

Una necesidad urgente y no por última deja de ser la más importante, es el factor **Cambio**. Muchas serán las resistencias que ante el cambio se presenten, las Empresas cubanas que han tenido la oportunidad de experimentar una implantación SIG en sus sistemas (Aguas de La Habana y Aguas Varadero), son ejemplo de cuánta resistencia se hace al mismo solo que mediante los resultados se puede demostrar la veracidad e importancia de los nuevos métodos para con el desarrollo de la actividad.

Conclusiones

La necesidad que hoy en día tienen los acueductos en Cuba de contar con un SIG para manejar su gestión, pasa a ser ya no un aspecto de desarrollo, sino una prioridad de operación y planeamiento que influye en la calidad del servicio y ahorra recursos. Sin dudas, contribuye a la GIAU integrando cada una de las actividades propias de la actividad.

Para lograr avances en la gestión se requiere de modernas técnicas de análisis, planeamiento y operación. Los SIG se han convertido en importantes herramientas de optimización y hasta nuestros días han intervenido en áreas importantes de la economía, el desarrollo y la sociedad teniendo muy buenos resultados. Una de sus complejidades está en la información que se utiliza para lograr los resultados y en la interrelación que se logra Dato-Espacio-Propiedad.

El desarrollo del uso de los SIG para la GIAU en Cuba pasa a ser una necesidad, importante resulta la obtención de un Modelo de Base de Datos Espacial con el objetivo de ir recolectando los datos necesarios para la implantación de manera homogénea e interoperable.

De la misma manera resulta interesante ir planeando la forma de actualización mediante procedimientos que esta Base de Datos debe de tener para evitar el envejecimiento del SIG.

La opción de la elección de Software Libre puede brindar soberanía tecnológica con vistas a no depender del mercado. Las Universidades pueden ser efectivas alternativas para lograr una correcta selección e implementación de un desarrollo específico para el manejo de agua y saneamiento como un todo.

Bibliografía

1. Cabo, J.C., Peña, A., Rubio, E., Herreros, A., Ponz, R., Sorlí, V., Pulido, S., Cob, J.J. (2005): "Integración del S.I.G. en la gestión de la empresa". *XXV Jornadas Técnicas de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS)*, Tomo II, pp. 177-189, España.
2. Global Water Partnership (GWP) (2011), "Hacia una gestión integrada de aguas urbanas", Drottninggatan 33 SE-111 51 Stockholm, SWEDEN; disponible en: www.gwp.org www.gwptoolbox.org
3. Pérez, C. (2011); "Procedimientos de implantación de un S.I.G. para la gestión de redes de acueducto y saneamiento"; *X Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica y VI Seminario de Uso Integral del agua*; Holguín, Cuba. ISBN: 978-959-247-082-Editorial Obras.



4. Política Nacional del Agua, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) (2012), La Habana, Cuba.
5. Srinivas, H. (2009) “Urban Water Resources Management: An Integrated Urban Water Strategy , Global Development Research Center”; disponible en: <http://www.gdrc.org/uem/water/urban-water.html>
6. Tucci, C.E.M. (2009), “Integrated Urban Water Management in Large Cities: A Practical Tool for Assessing Key Water Management”; Issue in the Large Cities of the Developing World. World Bank.