

Importación y exportación de los datos de EPANET al entorno gvSIG con el módulo de programación v2.1

REVISTA **MAPPING**
Vol. 25, 177, 60-65
mayo-junio 2016
ISSN: 1131-9100

Import and export EPANET data to gvSIG with the programming module v2.1

Oscar Vegas Niño, Fernando Martínez Alzamora, Vicente Bou Soler

Resumen

La aplicación EPAGvSIG, pretende integrar las distintas funcionalidades del conocido software EPANET, y añadir nuevas prestaciones para la toma de decisiones en la gestión de las redes de abastecimiento de agua potable, además de ofrecer una serie de utilidades que permitan facilitar el trabajo de los técnicos y/o profesionales. Como un primer acercamiento para conocer la forma de trabajar con las librerías de gvSIG, v2.1, se desarrollaron dos scripts que permiten importar y exportar ficheros Epanet desde el propio gvSIG.

Los scripts se desarrollaron utilizando el lenguaje de programación Jython y las librerías de gvSIG para poder leer un fichero de texto y escribir sobre unos ficheros de forma geométrica, ficheros shape. La validación de estos scripts se trabajó con siete modelos de sistemas de abastecimiento de agua, de distintas configuraciones, dando excelentes resultados donde los tiempos de ejecución son excelentes comparado con la librería Shapelib. Se espera que la aplicación sea utilizada por compañías de servicios, ingenierías o técnicos municipales, para mejorar la gestión y operación de los sistemas de suministro de agua.

Abstract

The application EPAGvSIG is intended to integrate in a free GIS the main capabilities of the worldwide known EPANET software, and to add new performances addressed for decision taking in the management of water distribution systems. Other improvements will be aimed to make easy the work of engineers and technicians while building the hydraulic model of the water network. As a first development to gain experience working with gvSIG v2.1 libraries, a couple of scripts has been developed to import and export EPANET files from the gvSIG environment.

Both scripts has been developed by using the programming language Jython and the available gvSIG libraries to read a text file and convert the geometric properties into shape files. In order to validate these scripts, a total of seven hydraulic models of water networks of different size and configuration have been tried with excellent results, being the running time very fast and comparable of that of the Shapelib library.

We hope this first application could be useful for water companies, engineering service providers and municipal technicians in order to improve the managing of water supply systems.

Palabras clave: gvSIG, script, Epanet, sistema de abastecimiento de agua potable, modelación de sistemas hidráulicos.

Keywords: gvSIG, script, Epanet, water supply systems, hydraulic network modelling.

Doctorando Programa de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente
Universidad Politécnica de Valencia
ovegas@hma.upv.es
Catedrático Dpto. de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente
Universidad Politécnica de Valencia
fmartine@hma.upv.es
Investigador Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente
Universidad Politécnica de Valencia
vibouso@dihma.upv.es

Recepción 28/01/2016
Aprobación 21/04/2016

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del proceso de elaboración del modelo matemático de un sistema de abastecimiento de agua potable se manipula gran cantidad de datos, muchos de los cuales se encuentran dispersos en distintos soportes. Manejar toda esta información de manera manual lleva consigo un esfuerzo grande consumiendo gran cantidad de tiempo, más aún si la red es grande y se quiere mantener la información actualizada a medida que crece la red o se llevan a cabo operaciones de mantenimiento sobre los elementos que la configuran (López et al., 2009).

Es por ello, que los SIG (Sistemas de Información Geográfica) se han convertido en la pieza central en la gestión técnica y administrativa de las RAAP (Redes de Abastecimiento de Agua Potable) de grandes y medianas ciudades. Desde un entorno SIG es posible exportar los datos a los modelos de simulación, integrar las mediciones para el control de presiones y caudales, gestionar las demandas de los abonados, elaborar programas de mantenimiento preventivo, etc. En todos estos casos, la utilización de un modelo matemático de la red constituye un elemento clave para el éxito de la gestión (Martínez et al., 2009).

El modelo matemático es la base que utiliza el módulo de cálculo hidráulico para simular los diferentes estados en que puede encontrarse la red de distribución sin tener que llegar a experimentarlas físicamente. Del resultado de dichas simulaciones se extraen luego conclusiones que serán utilizadas en la planificación de la red (García-Serra, 2009). Epanet, es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Esta herramienta se ha hecho muy popular a nivel mundial, y esto se debe al excelente trabajo realizado por su autor L. Rossman, quien ha sabido conjugar los algoritmos de cálculo más avanzados con una interfaz gráfica potente y amigable. Otros factores que han influido en su difusión es la posibilidad de integrar el módulo de cálculo (*epanet2.dll*) en otras aplicaciones, el soporte dado por la EPA para su distribución gratuita, y la existencia de una lista abierta de usuarios (Martínez, 2002).

Para confeccionar un modelo matemático de una RAAP, casi siempre partimos de unos ficheros en formato AutoCAD, donde se encuentra dibujado el trazado de las tuberías y la localización de otros elementos de la red, como fuentes de alimentación, bombas, válvulas, etc. En internet podemos encontrar diversas herramientas y/o extensiones de comunicación que

permiten exportar la información contenida en un fichero CAD al tipo de ficheros utilizados en entornos SIG (*Shape y/o GeoDatabase*) o bien al formato utilizado por programas de simulación como Epanet, cada una con sus ventajas e inconvenientes. Pero existe también una demanda creciente, detectada a través de las redes sociales como LinkedIn y foros especializados, de herramientas que ayuden a intercambiar la información contenida en un fichero Epanet con entornos SIG y viceversa.

Barreto, 2008, ha desarrollado dos herramientas, *epa2gis* y *shp2epa*, que se pueden descargar desde su propia página web de Zonums. La herramienta *epa2gis*, actualmente no operativa, permite exportar un fichero Epanet y los resultados del análisis de simulación a unos ficheros *shape*, mientras que la herramienta *shp2epa*, aún operativa, permite exportar la información geográfica de un fichero *shape* de tipo línea junto con la longitud de cada una de ellas, pero no la información alfanumérica asociada al fichero *shape*. El resultado final es un fichero Epanet con extensión *Inp*, con nudos de caudal y tuberías. El resto de elementos visibles como depósitos, embalses, bombas, válvulas, así como los elementos no visibles como patrones, curvas de comportamiento, leyes de control simple y/o compuesto, etc., tienen que declararse manualmente si la red los contiene.

Macke, 2014, desarrolla un paquete de herramientas de nombre *Inptools*, de libre uso, con un propósito similar. Este conjunto de herramientas, versión v2.0.12.1-1, se desarrolló para la versión de windows 7 y consiste en un menú contextual que se visualiza al realizar un clic con el botón derecho del ratón sobre un fichero *Inp* de Epanet. Dentro de este paquete está la rutina *inp2shp*, que convierte ficheros *Inp* de Epanet en un conjunto de ficheros *shape* que pueden visualizarse y trabajar con los datos con cualquier programa SIG; y la rutina *shp2inp*, convierte un conjunto de ficheros *shape* que representan un sistema de abastecimiento de agua potable en un fichero *Inp* de Epanet. Esta última herramienta actualmente no se encuentra operativa.

Otras aplicaciones como *INPCom* y *Fonsagua* se desarrollaron para ser utilizadas desde el propio entorno de gvSIG, y consisten en unos «plugins» que deben instalarse en el directorio de extensiones de la aplicación. Torret, 2011, a través de la consultora *Tecnicsassociats*, desarrollaron una extensión llamada *INPCom v1.4* para la versión 1.11 de gvSIG. Esta herramienta realiza la exportación a EpaSWMM 5.0e de los datos disponibles en gvSIG, y la exportación a Epanet 2.0e de los datos geométricos de la red, básicamente

nudos de caudal y tuberías, dejando al usuario la tarea de completar, de forma manual, el resto de información faltante.

La extensión *gvSIG-Fonsagua*, se desarrolló a través de un proyecto de cooperación interuniversitaria entre

dos universidades españolas, la de Extremadura y de A Coruña, y la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. La herramienta permite planificar y diseñar sistemas de redes de abastecimiento de agua y saneamiento sobre comunidades rurales en el sur de Honduras.

Desde el Grupo de Investigación REDHISP de la Universidad Politécnica de Valencia, también hemos desarrollado una herramienta que permite comunicar la información contenida en un fichero Inp de Epanet en ficheros *shape* y viceversa. Para ello se utilizó la librería *shapelib.dll*, que permite leer, crear y escribir ficheros *shape* y tablas *dbase* tomando como referencia el modelo de datos de Epanet. La lectura y escritura de ficheros Inp de Epanet se realiza con ayuda de las funciones propias del lenguaje Basic desde el entorno de programación Visual Basic 6.0. Esta herramienta se ha aplicado para confeccionar el modelo de la red de suministro de Valencia y su área metropolitana (6000 nudos), así como la red de Viçosa (Minas Gerais, Brasil), Pedreguer (Alicante, España), Cuautla (México), entre otros muchos casos de estudio.

Es tiempo de asumir nuevos retos y nos hemos propuesto crear una extensión que ayude a los técnicos y/o profesionales a llevar a cabo planes directores de sistemas de abastecimiento de agua potable con el menor esfuerzo posible. Para un primer contacto con la aplicación gvSIG, se han desarrollado dos scripts desde el módulo de programación scripting 2.x para la importación y exportación de ficheros Inp de Epanet.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Materiales

Para desarrollar los scripts de importación y exportación de ficheros Inp de Epanet, se ha utilizado la aplicación gvSIG v2.1 con el módulo de programación de scripting y las librerías de gvSIG para poder acceder a los datos. Conocer el manejo de la aplicación a nivel de usuario ha sido la clave para entender cómo hay que empezar a programar. Como libro de consulta

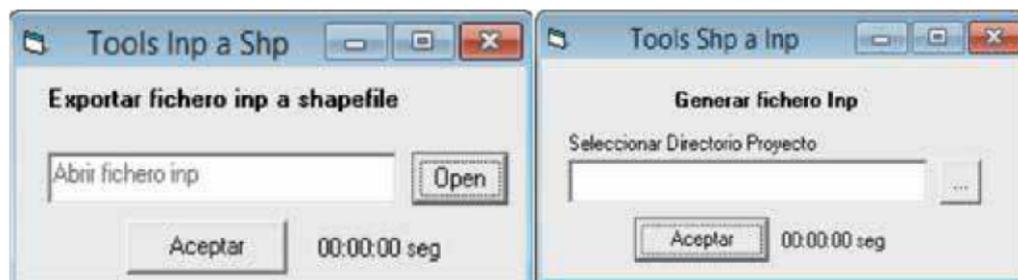


Figura 1. Formularios principales Inp-Shp y Shp-Inp

en la programación con Jython hemos recurrido a *The Definitive Guide to Jython: Python for the Java Platform*.

2.2. Metodología

Antes de abordar este trabajo se desarrollaron las dos herramientas de manera externa a gvSIG con ayuda de la librería *shapelib.dll* y el entorno de programación Visual Basic 6.0, con el fin de comparar los tiempos consumidos en cada uno de los procesos hasta llegar al resultado final, dependiendo del número de elementos con que cuenta el sistema de abastecimiento de agua potable. Los formularios son simples y fáciles de usar como vemos en la Figura 1.

Todo el código generado en estas dos herramientas, han sido reutilizado para programar los módulos de identificación y diseño de sectores hidrométricos, así como simplificar un modelo matemático de una red hidráulica. La secuencia de pasos es la siguiente: cargar la información almacenada en el fichero Inp de Epanet en una estructura de datos temporal, aplicar la metodología diseñada para sectorizar y simplificar modelos de redes, y por último escribir los resultados sobre unos ficheros *shape* con los resultados obtenidos. Desde la propia aplicación Epanet, para el caso de la sectorización, sólo es posible visualizar hasta cinco sectores hidrométricos a través de la rampa de colores con que cuenta, a menos que se modifique el código fuente.

Desde el módulo de programación de gvSIG, se desarrollaron los dos scripts cuya secuencia de pasos principales son los siguientes:

Impotar Inp.- Leer el fichero Inp de Epanet y almacenar la información en una estructura de datos temporal, crear los ficheros *shape* y las tablas de datos *dbase* no asociadas a los *shapefile*, escribir la información almacenada en los ficheros *shape* y tablas de datos, y por último visualizar las capas de manera automática en gvSIG.

Exportar Inp.- Leer la información geoespacial y alfanumérica y almacenarla en una estructura de datos temporal, crear un fichero Inp de Epanet, y finalmente escribir la información almacenada en el fichero Inp creado anteriormente.

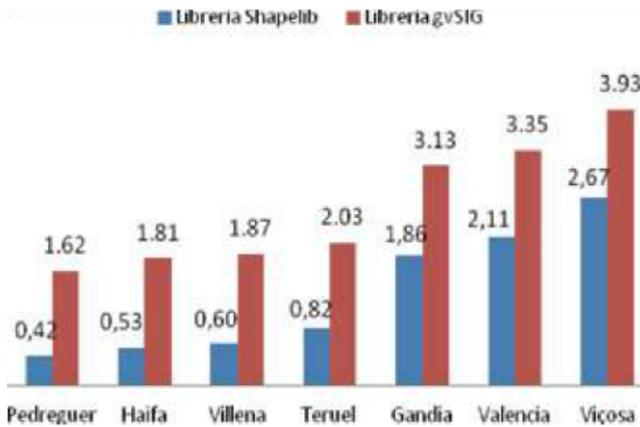


Figura 2. Tiempo en segundos, que se tarda en importar una red de Epanet con la librería Shapelib y la librería gvSIG

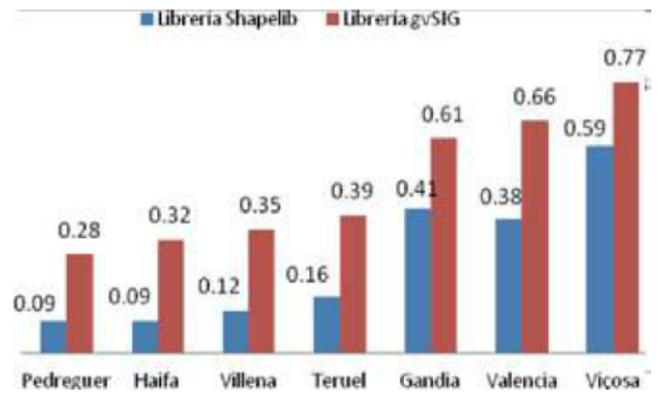


Figura 3. Tiempo en segundos, que se tarda en exportar una red de Epanet con la librería Shapelib y la librería gvSIG

3. RESULTADOS

Para validar los scripts se utilizaron siete modelos de sistemas de abastecimiento de agua potable: Haifa (Israel), Pedreguer, Villena, Teruel, Gandía, Valencia (España), Viçosa (Brasil). Todas ellas contemplan distintas formas de regular el suministro. La red más pequeña es la de Pedreguer, con cerca de 900 elementos, y la red de mayor tamaño es la de Viçosa rondando los 20000 elementos entre nudos y líneas.

El modelo de datos confeccionado para la aplicación gvSIG, ficheros shape y tablas de datos, mantiene en gran parte la estructura del modelo de datos de Epanet. En el caso de las secciones [REACTIONS], [TIMES], [REPORT], [OPTIONS], [BACKDROP] se ha agrupado en una sola base de datos (tabla *dbase*), y en el caso de la sección [EMITTERS] se ha creado un campo más dentro de la tabla Nudos de caudal. El modelo de datos está compuesto por 12 ficheros *shape* (tres de tipo línea y tres de tipo nudo) con su correspondiente tabla asociada, y 09 tablas de *dbase*

independientes. Los 12 ficheros shape son: Tuberías, Bombas, Válvulas de Regulación, Nudos de Caudal, Embalses, Depósitos, Demandas, Fuentes de Contaminación, Válvulas de Corte, Medidores, Rótulos y Acometidas. Las 09 tablas independientes son: Título,

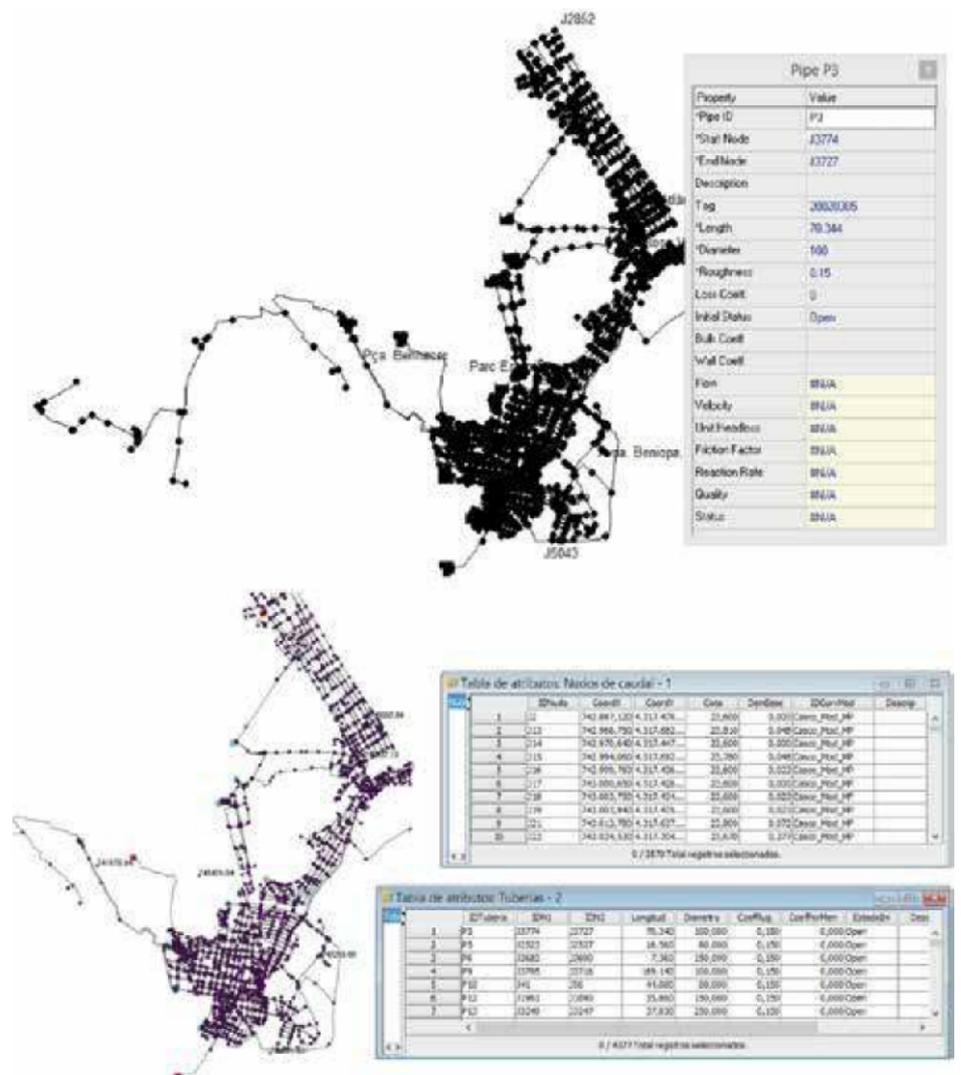


Figura 4. Red de Gandía visualizada desde Epanet y gvSIG

Curvas de Comportamiento, Curvas de Modulación, Controles Simples, Reglas Compuestas, Proyecto, Mediciones, Valores por Defecto, y Opciones.

El ordenador que se utilizó para las pruebas tiene las siguientes características: Procesador Intel Core i7, 2x2.40 GHz, Memoria RAM de 4.0 GB, SO Win8.1 64 bits.

En la Figura 2 se muestra una comparación entre el tiempo que se tarda en importar una red de Epanet con la librería *Shapelib* y desde el entorno de programación de gvSIG. Asimismo, en la Figura 3 se da para el caso de la exportación con ambas librerías.

En la Figura 4, se muestra el modelo de la red de Gandía visualizada desde el entorno de Epanet y desde gvSIG 2.1. Una red con cerca de 8000 elementos y decenas de leyes de control.

Resuelto el problema de la importación y exportación de ficheros Inp de Epanet desde el entorno de gvSIG, el usuario puede ahora utilizar las potentes herramientas de gvSIG para completar la información de su modelo hidráulico, como por ejemplo asignar cotas a los nudos con ayuda de un modelo digital del terreno, cerrar mallas, identificar sectores hidrométricos, o crear nuevos escenarios de cálculo. Tareas muy habituales por los técnicos y/o profesionales en la confección de planes directores de sistemas de abastecimiento de agua potable.

Finalmente, advertir que trabajar con ficheros *Shape* desde gvSIG se pierde la declaración de la topología de la red importada desde el fichero de Epanet, pero utilizando la extensión Redes desde gvSIG, se puede reconstruir la topología antes de ser exportada a un modelo de datos de Epanet, de esta manera la red no quedará desconectado.

4. CONCLUSIONES

En este primer acercamiento con la aplicación gvSIG se ha logrado comprender la manera de interactuar con la librería gvSIG, que es la que nos ayudará a escribir y leer la información geográfica y alfanumérica de los datos almacenados en los ficheros *Shape* y en las tablas *dbase*, logrando superar con éxito esta primera fase.

Asimismo, se ha comprobado que los tiempos consumidos en llevar a cabo los procesos de importación y exportación de ficheros Inp de Epanet desde gvSIG utilizando el lenguaje de programación Jython y la librería gvSIG son bastante aceptables comparado con la librería *Shapelib*.

Desarrollar una extensión para trabajar con modelos de sistemas de abastecimiento de agua dentro de gvSIG es el objetivo a alcanzar en los próximos años. Se visualizarán los resultados obtenidos del análisis hidráulico y de calidad, así como otras herramientas externas ya desarrolladas en otros entornos como la sectorización y simplificación de modelos hidráulicos, y trabajar con base de datos abiertas y sus componentes espaciales como PostgreSQL+ PostGIS y SQLite + Spatialite.

AGRADECIMIENTOS

Oscar Tomas Vegas Niño agradece al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo del Perú (PRONABEC) por conceder una Beca de Estudios Doctoral en el Programa de Ingeniería del Agua y Medio Ambiental de la Universidad Politécnica de Valencia. Los autores quieren manifestar su agradecimiento a los organizadores de las 11as Jornadas Internacionales de gvSIG «Es Posible es Real» y al equipo editor de la revista MAPPING su interés por este trabajo.

REFERENCIAS

- Barreto, A. (2008). *Zonum Solutions. Hidráulica, hidrología, Irrigación, CAD, Sistemas de Información Geográfica, y Percepción remota*. Recuperado de: <http://www.zonums.com/>.
- epa2gis (2015). Recuperado de: <http://www.zonums.com/epa2gis.html>
- shp2epa (2015). Recuperado de: <http://www.zonums.com/shp2epa.html>
- García-Serra, J., López, G. (2009). *Elaboración de modelos*, del libro *Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua*, 1era edición, ed. UPV, Valencia, pp. 77-104.
- gvSIG-Fonsagua, (2011). *Extensión para recolectar, analizar y generar información en el contexto de los programas de cooperación de redes de agua potable y saneamiento*. Recuperado de: <http://fonsagua.github.io/fonsagua/index.html>
- gvSIG Training. *Introducción a scripting en gvSIG 2.x* Recuperado de: <http://web.gvsig-training.com/index.php/es/cursos/online/actuales/product/41-introduccion-a-scripting-en-gvsig-2-1>
- Jiménez, J., Aguilera, M., Meroño, J. (2005), *Alternativa de software libre a los sistemas de información geográfica comerciales*. Recuperado de: <http://www.cartesia.org/geodoc/ingegraf2005/gis10.pdf>
- Jython Book, v1.0. (2015). *The Definitive Guide to*

- Jython. Recuperado de: <http://www.jython.org/jythonbook/en/1.0/>
- Librería Shapelib. Recuperado de: <http://shapelib.maptools.org/>
- López, G., Fuentes, V.S., Ayza, M. (2009), *Modelización matemática de una red en funcionamiento*, del libro *Ingeniería hidráulica aplicada a los sistemas de distribución de agua*, volumen II, 3era edición, ed. UPV, Valencia, pp. 680-681.
- Macke, S. (2014), *Hydraulic networks analysis*. Recuperado de: <http://epanet.de/inptools/index.html>
- Martínez, F. (2002), Grupo REHISP. *Traducción del Manual de Usuario de Epanet 2.0 en español*.
- Martínez, Fco., Izquierdo, J. (2002). *Aplicación de los SIG en el modelado y proyecto de redes*, del libro *Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua*, 1era edición, ed. UPV, Valencia, pp. 151-184.
- Martínez, F., Bartolín, H., Sancho, H., Ayza, M. (2004). *GISRed v1.0: Una herramienta SIG de ayuda para la confección de modelos y Planes Directores de redes de distribución del agua*. Tecnología del agua. N° 250, Julio 2004, pp. 32-41
- Torret, X. (2011). INPcom. *Extensión comunicación con EpaSWMM 5.0e y Epanet 2.0e*
Recuperado de: http://downloads.gvsig.org/download/events/gvSIG-Conference/8th-gvSIG-Conference/workshops/Urban_sanitation_and_drainage/guia_basica_inpcom.pdf

Sobre los autores

Oscar Vegas Niño

Ingeniero Agrícola por la Universidad Nacional de Trujillo (Perú) y Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente por la Universitat Politècnica de València. Cuenta con dos especialidades: recursos hídricos e hidráulica urbana. Actualmente viene desarrollando su tesis doctoral en esta última especialidad junto a los sistemas de información geográfica libre, como es el caso de gvSIG y QGIS. Es autor de varias herramientas informáticas donde utiliza la toolkit de Epanet para resolver y facilitar el trabajo de los técnicos y/o profesionales responsables de la gestión de los sistemas de abastecimiento de agua potable. Colabora con el grupo de investigación Gestar en la mejora de dicho software (Diseño y Gestión de Regadíos). Desde el 2013 se desempeña como evaluador del Fondo para la Innovación, Ciencia y Tecnología (FINCYT-Perú).

Fernando Martínez Alzamora

Fernando Martínez Alzamora es Catedrático de Ingeniería Hidráulica de la Universitat Politècnica de València (UPV) y responsable del grupo de investigación en Redes Hidráulicas y Sistemas a Presión (REDHISP) del Instituto de Ingeniería del Agua y M.A. (IIAMA), del cual ha sido Director. Su investigación se centra en el análisis, diseño y operación de las redes de distribución de agua, tanto para abastecimientos urbanos como para el riego a presión. Ha trabajado en la mejora de algoritmos de simulación utilizando la librería de EPANET, en la integración de los modelos hidráulicos en SIG para la realización de planes directores, y en la utilización de los modelos en tiempo real para la toma de decisiones, en conexión con los siste-

mas SCADA. En este campo ha publicado numerosos artículos en revistas de impacto, y en congresos nacionales e internacionales, dirigido 10 tesis doctorales y liderado varios proyectos de investigación nacionales y europeos, estando el último de ellos, FIGARO, dedicado a mejorar la eficiencia del uso del agua y energía en sistemas de riego, con la ayuda de herramientas GIS.

Colabora asiduamente como consultor en el desarrollo de aplicaciones informáticas para empresas del sector del agua. Actualmente es Coordinador del Programa de Doctorado en Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la UPV.

Vicente Bou Soler

Ingeniero informático por la Universitat Politècnica de València (UPV) y especialista en informática industrial y robótica y CIM. Desarrolló un algoritmo paralelo de entrenamiento de redes neuronales para la simulación de redes de distribución de agua dentro del programa académico de computación paralela y distribuida del departamento de sistemas informáticos y computación de la UPV. Trabaja desde el año 2002 como personal investigador dentro del Grupo de Investigación de Redes a Presión (REDHISP) del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA). Ha participado en varios proyectos de investigación subvencionados en convocatorias públicas, así como en contratos de investigación con empresas y/o administraciones. Cuenta con publicaciones en revistas de impacto. Actualmente está por defender su tesis doctoral titulada: *Optimización en tiempo real del modo de operación de un abastecimiento de agua mediante técnicas metaheurísticas. Aplicación a la RED de suministro a Valencia y su área metropolitana.*