

# Aplicación para la gestión de emergencias en la comunidad canaria: el caso de predicción y simulación de incendios forestales

M. Castrillón<sup>4</sup>, P.A. Jorge<sup>2</sup>, I.J. López<sup>1</sup>, A. Macías<sup>2</sup>, D. Martín<sup>2</sup>, R.J. Nebot<sup>1</sup>,  
I. Sabbagh<sup>1</sup>, J. Sánchez<sup>2</sup>, A.J. Sánchez<sup>2</sup>, J.P. Suárez<sup>3</sup>, A. Trujillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Canarias.

<sup>2</sup>Departamento de Informática y Sistemas. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

<sup>3</sup>Departamento de Cartografía y Expresión Gráfica en la Ingeniería. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

<sup>4</sup>Instituto Universitario SIANI. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

## Resumen

Canarias es una región muy sensible a los incendios forestales. Cuando surge un evento de este tipo, se impone una gestión adecuada, encaminada a minimizar los daños ocasionados y en definitiva a la rápida extinción del incendio. Sólo en Gran Canaria y Tenerife, la superficie afectada por incendios en el mes de Agosto de 2007 (aproximadamente 35.060 hectáreas) fue similar a la quemada en los últimos 22 años en todo el archipiélago canario. Recientemente, están emergiendo asistentes como los gestores virtuales en tiempo real, los cuales pretenden ser herramientas de ayuda en este tipo de sucesos.

Se presenta en este trabajo un sistema informático para la gestión de emergencias en la comunidad canaria, en la actualidad en fase de pruebas en el Cabildo de La Palma. Si bien la aplicación está diseñada para cualquier tipo de emergencia, en el estado actual del proyecto se desarrolla el caso de la predicción y simulación de incendios forestales en las Islas. La aplicación desarrollada ha suscitado el interés de la Consejería de Medio Ambiente (Sección de Montes) de este Cabildo, la cual colabora activamente para poner en producción un sistema plenamente operativo.

**Palabras clave:** Predicción incendios, diseño software, visualización 3D.

## 1 Introducción

En los momentos críticos de un incendio forestal, cuando la prevención se ha visto desbordada, resultan de mucha valía para la toma de decisiones disponer de simulaciones predictivas que puedan minimizar los daños ocasionados. En esencia, se demanda que el plan de operaciones para extinguir un incendio forestal disponga de una base sólida de información que garantice una gestión eficaz de los recursos para una rápida actuación en las zonas afectadas. Sin duda, estos planteamientos son exigibles no sólo para el problema de los incendios forestales, sino también para cualquier tipo de emergencia que afecte directamente a los ciudadanos o a su entorno.

Los gestores virtuales por ordenador pretenden ser herramientas de ayuda para este propósito. Por ejemplo, aplicados al contexto de incendios forestales, Vicedo et al. [1] presentó una aplicación para la ayuda a la planificación de extinción de incendios forestales con software libre. En [2] Sarriá et al. el objetivo era la descripción de un sistema integrado para la gestión y dirección de incendios forestales en Andalucía. Pazos et al. [3] desarrollaron una herramienta web para la simulación de la propagación de incendios forestales, con el estándar W3C y usando básicamente software sin coste, en la que destacan las capacidades de comunicación asíncrona y en paralelo de la herramienta. Esteve et al. [4] desarrollaron un sistema multimedia para la gestión de emergencias. Por su parte, Thon et al. [5] diseñaron un sistema centrado en las capacidades de simulación y predicción del fuego en un entorno de Realidad Virtual, para la región de sur-este de Francia. En todos estos casos hay un claro interés en ofrecer herramientas informáticas eficaces que ayuden a la toma de decisiones en caso de emergencias (como puedan ser los incendios forestales), para minimizar los efectos devastadores de los mismos.

En este artículo se presenta un sistema desarrollado conjuntamente por el Instituto Tecnológico de Canarias y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, usando software libre y diseñado en base a una arquitectura por capas que permite adaptarlo completamente a las necesidades del usuario, ofreciendo un marco abierto a la especialización en aplicaciones concretas. Se analizan en esta comunicación los pormenores del entorno, destacando las características del diseño del software y las particularidades del Gestor Virtual de Emergencias (Geviemer), una especialización de éste. Los usuarios a los que está destinado el entorno de desarrollo son, especialmente, grupos de desarrollo particulares que puedan generar aplicaciones concretas orientadas a un potencial cliente final, y no a usuarios generalistas.

## 2 La aplicación, visión general

La aplicación, inicialmente presentada en [6], es un sistema de información geográfico 3D, con posibilidad de incorporar capas OGC e integrar objetos y otros elementos de interés para la aplicación concreta. Algunas características notables de la aplicación son: su robustez, funcionalidad, flexibilidad, base de software libre y capacidad de creación de aplicaciones geográficas 3D multicapa. Desde el punto de vista del diseño del software, se ha dedicado un esfuerzo especial a la arquitectura de la aplicación, estructurada por niveles, de tal manera que facilite la intervención a nivel de programación de nuevos tipos de emergencias.

En este sentido, la arquitectura define claramente dos niveles de especial importancia: Geviemer y Capaware (ver Figura 1). Geviemer, nivel más cercano al usuario, es el Gestor Virtual de Emergencias, y ofrece servicios orientados a las aplicaciones de emergencias: catástrofes naturales, fenómenos atmosféricos, infraestructuras, etc. Por otro lado, Capaware es el *framework* de desarrollo 3D creado para poder construir Geviemer, y consiste en una API que da soporte para la navegación 3D sobre el terreno, con la posibilidad de visualizar capas de información de interés específico para la aplicación, apiladas sobre la superficie, al estilo de las capas en un SIG.



Figura 1. Arquitectura basada en capas

Al mismo nivel de Geviemer se encuentran los módulos acoplables particulares (plugins) que permiten modelar y representar distintos tipos de emergencias como es el caso concreto del desarrollado en este caso, para la predicción y simulación de incendios forestales. Con esta filosofía, si se precisa un nuevo desarrollo especializado en algún otro tipo de emergencia o incidente, el mayor esfuerzo se podrá dedicar a este propósito, y no a funcionalidades generales tales como

navegación sobre el terreno, gestión de contenidos, conexiones remotas etc. La Figura 2 presenta la interfaz de la herramienta.

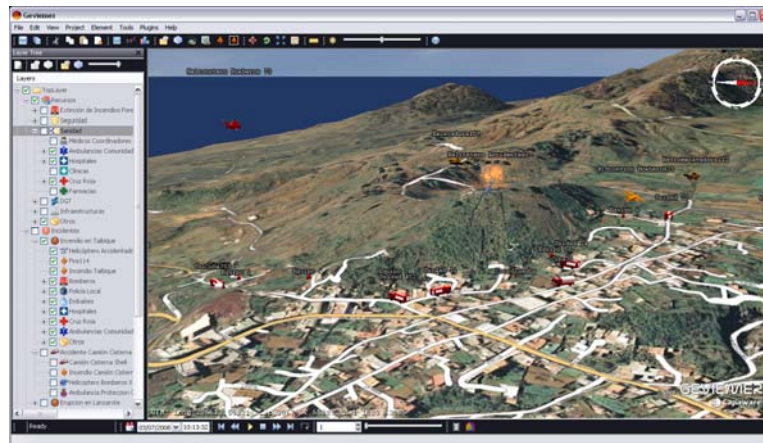


Figura 2. Interfaz de Geviemer

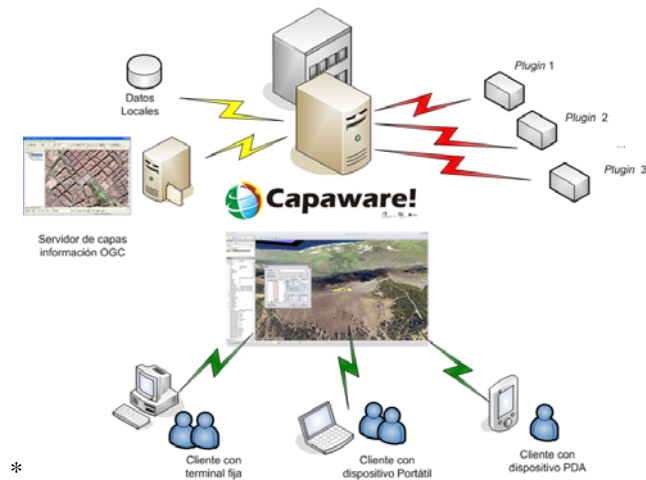
### 3 CAPAWARE: un SIG 3D desarrollado con software libre

El nivel fundamental de toda la arquitectura es el llamado Capaware, el cual alberga servicios, que de forma general, permiten desarrollar entornos 3D geográficos multicapa. En esencia, Capaware ofrece un navegador de altas prestaciones sobre el terreno. La potencia de poder realizar aplicaciones directamente sobre un terreno 3D, es una de las características importantes de Capaware. De esta manera, Capaware ofrece al nivel superior en la arquitectura, un conjunto de métodos y servicios software de carácter libre que facilitan la programación de aplicaciones particulares.

Capaware permite la conexión a servidores remotos que utilizan los estándares OGC (Open Geospatial Consortium) para la gestión de servicios de localización geo-espaciales. Los datos leídos a través de estos estándares se incorporan en "tiempo real" dentro de la escena, sin interrumpir la ejecución de la aplicación. En este sentido, cuando el usuario se desplaza por el terreno, va observando cómo se actualiza la información proveniente de los IDEs conectados. Actualmente da soporte al estándar Web Map Service (WMS) para la transferencia de imágenes geo-referenciadas y próximamente, dará soporte a otros estándares de esta organización (WFS, KML, etc.). Otro punto destacable de la aplicación es que da soporte a bases de datos espaciales. Se pueden crear bases de datos y tablas que soporten datos geo-espaciales así como conectarse a bases de datos en servidores

remotos. Actualmente se utilizan bases de datos PostgreSQL a través de su extensión a datos geo-espaciales, PostGIS.

La Figura 3 da una visión general de Capaware. Se distingue la tipología de clientes que hace uso de los servicios, la posibilidad de soportar diferentes plugins de aplicación y el acceso a datos tanto locales como externos (OGC).



\*  
*Figura 3. Esquema general de Capaware*

### 3.1 Alcance y aplicaciones de Capaware

La primera de las aplicaciones creadas para Capaware ha sido Geviemer, el Gestor Virtual de Emergencias. Esta aplicación es una apuesta decidida en la gestión de las emergencias en Canarias con la ayuda de herramientas informáticas. En una situación real, Geviemer, gracias a sus capacidades de comunicación remota, presta sus servicios y se comunica con diversas entidades, así como con diversos servicios web remotos o locales de predicción meteorológica o de predicción de incendios forestales (ver Figura 4). Asimismo, otros clientes geográficamente distantes podrán acceder interactivamente a Geviemer, con dispositivos fijos (ordenadores, terminales, etc.) o móviles (portátiles, PDA's). Finalmente, Geviemer accede en tiempo real a otros servidores para un funcionamiento óptimo, obteniendo datos disponibles por protocolos OGC, o de bases de datos geo-espaciales.

Recientemente se ha abierto un portal web con información disponible sobre Capaware y Geviemer en la dirección <http://www.capaware.org>. La Figura 4 muestra un esquema de Geviemer, donde se aprecia su interacción con Capaware y los componentes auxiliares para su funcionamiento.

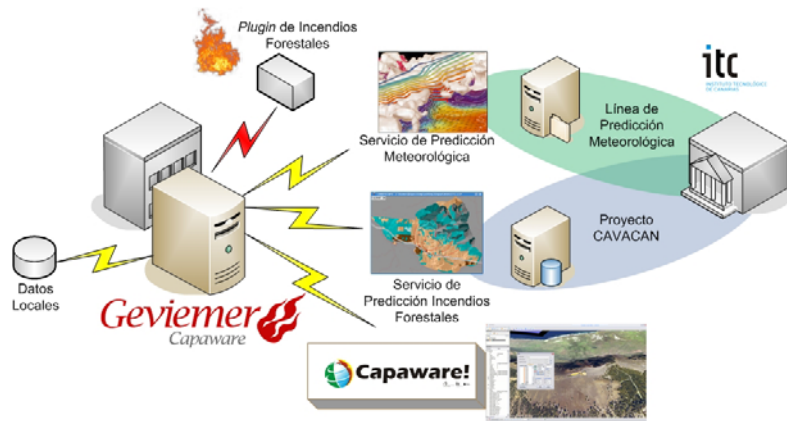


Figura 4. Esquema general del ámbito y aplicación de Geviemer

## 4 Predicción y simulación de incendios en Geviemer

Para realizar las predicciones del comportamiento de los incendios, además de las condiciones meteorológicas, el servicio trabaja con modelos de combustible vegetal (condiciones de humedad y tipología de la masa forestal), cortafuegos naturales y artificiales circundantes, y variables geográficas del entorno de la zona (pendientes y orientación del terreno). Es así como las características concretas que afectan a un incendio logran plasmarse en la aplicación.

Para lograr esta integración se han implementado algoritmos de visualización del fuego, que acorde con la simulación numérica, muestran la evolución temporal del mismo y sus efectos sobre el terreno.

En caso de algún incidente de incendio forestal, las modificaciones que pueda realizar un usuario cerca del mismo se verán reflejadas automáticamente en todos los usuarios conectados en la aplicación a ese escenario. En consecuencia, esta aplicación centraliza la gran información dispersa que caracteriza un incendio forestal y provee a responsables y técnicos de una herramienta útil en la toma de decisiones. Gracias a la capacidad ya mencionada de Capaware de soportar plugins específicos de aplicación, se ha dispuesto un módulo para la simulación de incendios forestales en general y para cualquier zona geográfica. A continuación se describen, en tres apartados, las características del módulo de incendios.

### 4.1 Simulación del fuego

El servicio de simulación de Incendios Forestales desarrollado para Geviemer por el Instituto Tecnológico de Canarias ofrece un valor añadido a este tipo de

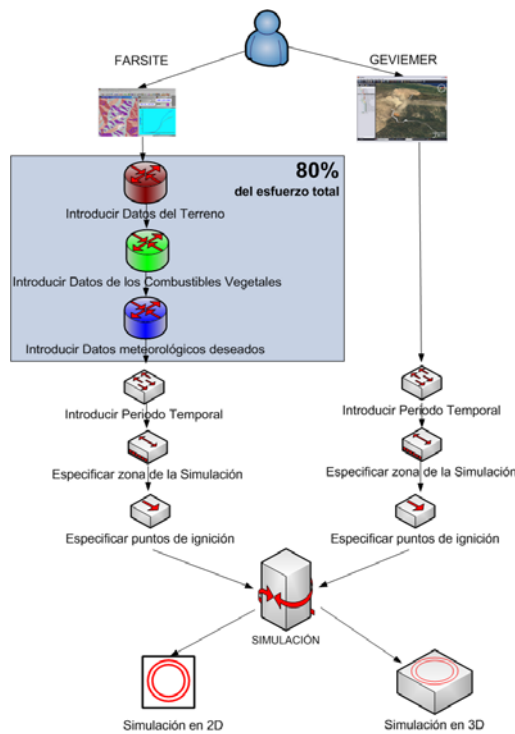
herramientas en la figura de la Predicción. Con las condiciones meteorológicas que se pronostican que van a tener lugar en una zona, el resultado de la simulación se torna en dicha predicción. Mediante el aprovechamiento de la línea de predicción energética iniciada recientemente de forma conjunta por el Instituto Tecnológico de Canarias y Red Eléctrica de España, en la cual se trabaja en la estimación de las producciones de las plataformas fotovoltaicas en Canarias, se dotará al Geviemer de la posibilidad de la realización de predicciones sobre el comportamiento de los fuegos forestales en un periodo posterior de 48 horas.

Siguiendo la filosofía de software libre de la plataforma Capaware, se eligió FARsite como motor de simulación de incendios forestales. Si bien pudieran existir otros modelos más completos y precisos en el mercado, FARsite cumplía tres objetivos básicos para el proyecto:

1. Poseer unas bibliotecas de software libre. Estas se denominan Core Farsite.
2. Ser una herramienta con renombre en el mundo de las simulaciones de incendios forestales, también en Canarias. FARSite es un software desarrollado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos para la predicción y análisis del comportamiento de incendios forestales con un amplio historial de uso y aceptación entre los expertos de la materia
3. La interacción con sus librerías de desarrollo se basa en interfaces permitiendo abstraernos de su funcionamiento interno. Este hecho es de reseñar ya que el objetivo de éste plugin de incendios forestales es demostrar la versatilidad de la plataforma Capaware y por ende de Geviemer y no profundizar en detalle en el estudio de las simulaciones de incendios forestales.

FARsite es una potente herramienta que se basa en los modelos de Rothermel para la propagación del fuego en la superficie, [7] que simula para cada celda del terreno las variables descriptivas del fuego. Sin embargo el uso de FARsite es un tanto tedioso pues no dispone de un método que automatice todas las tareas de cara al usuario. Asimismo, no dispone de capacidad para visualizar los resultados en 3D. Con Geviemer, logramos una automatización de las tareas necesarias para llamar a los servicios de FARsite, por ejemplo, no se necesita manipular ficheros individuales de entrada a la simulación y además proporciona una visualización realista del fuego en el terreno. Con el uso de Geviemer se conseguirá un enorme ahorro de esfuerzos y tiempo a los usuarios de FARsite o herramientas de su estilo. Para ilustrar el proceso que el usuario tiene que realizar en Geviemer en comparación con Farsite, se presenta la Figura 5. En ella podemos ver que, aparte del atractivo de interactuar con un entorno realista en 3D, Geviemer ofrece a sus usuarios un ahorro de entorno al 80% en tiempo de preparación de una simulación,

pues las tareas de introducción de datos del terreno, combustibles vegetales y datos meteorológicos son tomados en Geviemer sin necesidad de interactuar con el usuario.



*Figura 5. Geviemer y FARSite en el proceso de simulación*

Con el asesoramiento de la Sección de Montes de la Consejería de Medio Ambiente del Cabildo de La Palma, los ajustes iniciales del servicio se han realizado para esta isla. Con su larga experiencia en la lucha contra los incendios forestales en la isla, la Sección de Montes de dicho Cabildo posee un amplio bagaje en el análisis y control de este tipo de situaciones. Dicha sección viene usando de forma exitosa el FARSite, como herramienta de simulación de los incendios forestales.

La Figura 6 ilustra un ejemplo de simulación con datos reales de la isla de La Palma con la aplicación FARSite, tal y como se venía utilizando hasta la fecha en la Consejería. Por su parte, en la Figura 7 se puede apreciar otro ejemplo de simulación usando Geviemer. El resultado con este último es mucho más realista, lo que permite un análisis y un estudio más directo de la situación, tanto para los técnicos como para el resto del personal de la Administración. A su vez, el usuario



tendrá en todo momento controles de tiempo para pausar, avanzar o retroceder, y así poder realizar un análisis de la evolución.

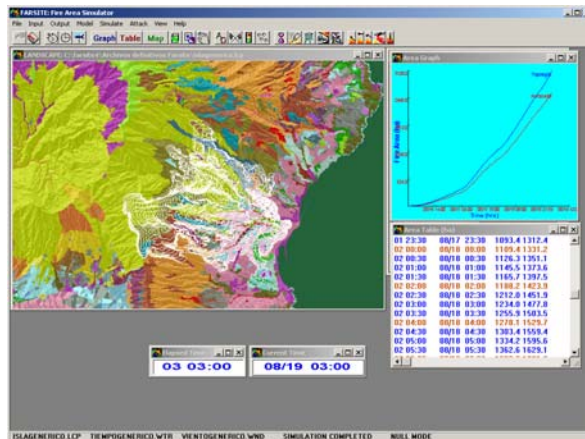


Figura 6. FARsite en un ejemplo real de simulación (isla de La Palma).

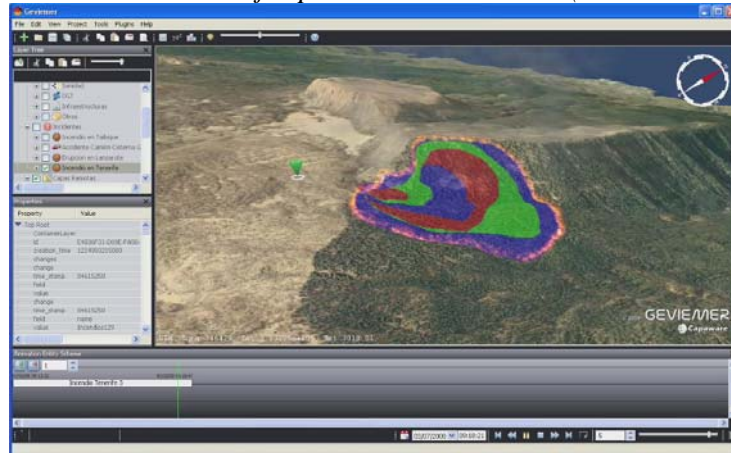


Figura 7. Geviemer en un ejemplo de incendio forestal en expansión

## 4.2 Visualización del fuego

Para una mejor percepción de un incidente de incendio forestal, se ha estudiado la visualización realista del fuego. Para ello se han utilizado dos sistemas de partículas: uno para la llama, y otra para el humo. La llama se ha formado a partir de varios fotogramas, tomando como referencia imágenes de fuego real, y ajustando los parámetros de las partículas (tiempo de vida, velocidad,

transparencia) hasta dar con la apariencia deseada. Para el humo se han escogido partículas mucho más grandes, alternando colores grisáceos y negros.

Los parámetros de cada sistema también varían ligeramente en función de la distancia a la cámara, ya que la visión que se quiere obtener es diferente. Finalmente, la dirección del humo al elevarse dependerá de la orientación y fuerza del viento en ese momento. La Figura 8 ilustra un incendio forestal en simulación.



*Figura 8. Visualización de un incendio forestal de muestra*

A medida que el fuego va avanzando, tanto si es como resultado del avance de la simulación, o por nueva información añadida por los usuarios, el perímetro del incendio va cambiando, y los sistemas de partículas van expandiéndose para coincidir con el área indicada.

#### **4.4 Arquitectura de la simulación de incendios**

La arquitectura del servicio de simulación de incendios permite integrar dos servidores de información especializada complementarios, en aras de conseguir la información requerida por Geviemer. Mediante el uso de servidores OpeNDAP (Open-source Project for a Network Data Access Protocol), los datos requeridos en cada una de las distintas fases de la simulación son alojados en repositorios a los cuales se accede mediante el simple paso de una *url*. La Figura 9 muestra el tránsito de información desde el momento de la petición por parte del cliente del servicio, parte del plugin de incendios forestales, hasta la visualización del incendio por parte de Geviemer.

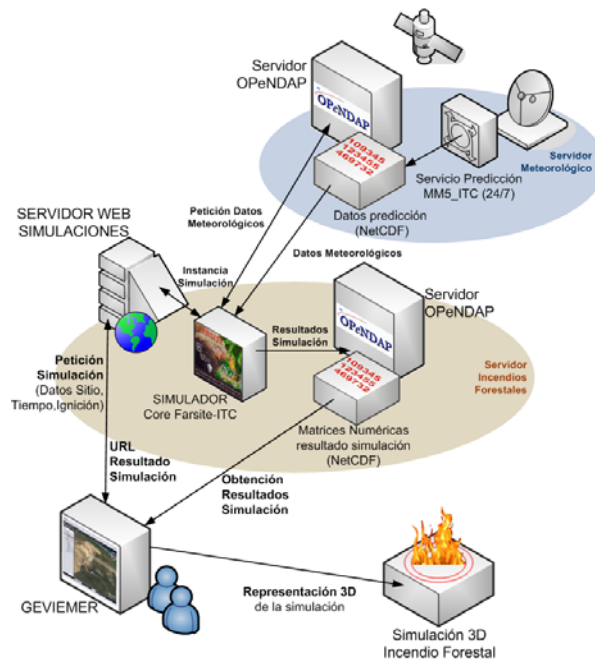


Figura 9. Geviemer y servidores asociados

La orientación a servicios de esta arquitectura nos permite la sustitución, de manera sencilla, de las distintas fuentes de información necesaria para el funcionamiento de la aplicación con lo que logramos una gran versatilidad a la hora de modificar las funcionalidades existentes o añadir una nueva.

## 5 Conclusiones

Se ha presentado una herramienta software para la Gestión Virtual de Emergencias (Geviemer), con la capacidad de simulación y predicción del comportamiento del fuego en los incendios forestales. Considerado como un tema de gran sensibilidad ambiental, los incendios forestales en Canarias constituyen grandes amenazas para nuestro entorno y ya instituciones como el Cabildo de La Palma están apostando por SIGs 3D como Capaware. La herramienta presentada puede servir de mucha ayuda en el análisis y la toma de decisiones durante un incidente de este tipo.

Se ha dedicado un gran esfuerzo en el diseño e implementación de este sistema, el cual posee algunas características notables como su arquitectura robusta, funcional y flexible así como su naturaleza de software libre. Con la plataforma de desarrollo creada a tal fin se facilita la creación de nuevos módulos para soportar más tipos de

incidentes. Asimismo, se hace uso de estándares como el Open Geospatial Consortium (OGC) y de la IDE de la comunidad canaria para garantizar una plena integración y vigencia de los datos usad.

**Agradecimientos.** Agradecemos la labor de cooperación de la Consejería de Medio Ambiente del Cabildo de La Palma (Sección de Montes).

## Referencias

- [1] Vicedo, J., Linares J., Cuesta D., y Molina A., Aplicación para la ayuda a la planificación de extinción de incendios forestales basada en software libre. II Jornadas SIG libre, Valencia, España. (2007)
- [2] de Sarriá, S., Yebra , R.T. y Mendoza, P. Sistema Integrado para la Gestión y Dirección de Incendios Forestales en Andalucía (SIGDIF). WILDFIRE, Sevilla, España, (2007).
- [3] Pazos, J.A., Varela, J., Ríos, J.R., Cotos, J.M. Diseño e Implementación de un Servicio Web para la Simulación de la Propagación de Incendios Forestales, IV Jornadas de la IDE de España. JIDEE2007, Santiago de C., España. (2007).
- [4] Esteve M. Multimedia System for Emergency Management, Jornadas de Seguimiento de Proyectos en Tecnologías Informáticas, Madrid, España, (2007).
- [5] Thon, S., Remy, E., Raffin, R. y Gesquière, G. (2007): Combining GIS and forest fire simulation in a virtual reality environment for environmental management Architecture, City and Environment, 2:4, (2007).
- [6] Castrillón, M., Jorge, P.A., López, I.J., Macías, A., Martín, D., Nebot, R.J., Sabbagh, I., Sánchez, J., Sánchez, A.J., Suárez, J.P. y Trujillo, A. Entorno de desarrollo con software libre para aplicaciones geográficas 3D: Geviemer (Gestor Virtual de Emergencias), XIII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Las Palmas de G.C., 15-19 Septiembre, (2008).
- [7] Stratton, R. D., Guidance on Spatial Wildland Fire Analysis: Models, Tools, and Techniques, USDA, Technical Report RMRS-GTR-183, (2006).