

## Ampliación de las capacidades de visualización de un SIG libre mediante la comunicación con un navegador 3D

*Fco. Alberto Varela García<sup>(1)</sup>, Luis A. Hernández Ibañez<sup>(2)</sup>, Javier Taibo Pena<sup>(3)</sup>,  
Antonio Seoane<sup>(4)</sup> y Juan Ignacio Varela García<sup>(5)</sup>*

<sup>(1)</sup> Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Profesor del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidade da Coruña, ETS Caminos Canales y Puertos, Campus de Elvira s/n, 15071 A Coruña, avarela@udc.es.

<sup>(2)</sup> Arquitecto. Profesor del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidade da Coruña, ETS Caminos Canales y Puertos

<sup>(3)</sup> Informático. Profesor del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidade da Coruña, ETS Caminos Canales y Puertos

<sup>(4)</sup> Informático. Técnico del Videalab. Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidade da Coruña, ETS Caminos Canales y Puertos

<sup>(5)</sup> Informático. Técnico del Cartolab. Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidade da Coruña, ETS Caminos Canales y Puertos

### RESUMEN

*Las capacidades para la gestión, procesado y análisis de datos geoespaciales que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica unidas a las prestaciones de visualización de los navegadores 3D sobre el terreno, abre una cantidad ilimitada de posibilidades en el área de la cartografía digital y su explotación en diferentes ámbitos técnicos y sociales. En la Universidade da Coruña, los laboratorios Videalab y CartoLab pertenecientes al Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, colaboran para hacer converger estas dos tecnologías desarrollando un sistema que permita la comunicación bidireccional entre el SANTI (Sistema Avanzado de Navegación sobre Terreno Interactivo, desarrollado por Videalab) y un SIG, en este caso el software libre JUMP (JUMP Unified Mapping Platform).*

*Sirviéndonos de la interfaz de usuario que JUMP proporciona y utilizando de su API, se consigue un SIG capaz de gobernar de forma remota el navegador 3D permitiendo la gestión de las capas de información a mostrar, el ajuste de parámetros de visualización, el posicionamiento sobre el terreno, etc. Esta simbiosis tecnológica se traduce en un potente sistema con una componente visual atractiva, útil y flexible.*

*A pesar de que este trabajo se encuentra en desarrollo ya ha sido utilizado en diversos proyectos tanto técnicos como divulgativos,*

## INTRODUCCIÓN

El ser humano interactúa en un mundo complejo con innumerables objetos y elementos de multitud de formas, detalles y tamaños distintos que se distribuyen sobre un territorio en tres dimensiones (3D). No cabe duda que siendo nuestros datos de trabajo representaciones de los elementos espaciales del mundo real, la utilización de modelos 3D permite una visualización más intuitiva para el usuario, incrementa la comprensión de los elementos geográficos representados y aumenta la potencia de análisis. Desafortunadamente, el tratamiento de los datos en modelos 3D conlleva una complejidad muy superior a la que se tiene con los modelos del mundo 2D, por lo que tradicionalmente la abstracción de las entidades geográficas reales se representó, y se sigue representando mayoritariamente, sobre mapas cartográficos planos. Para poder trabajar de forma efectiva en 3 dimensiones, existe actualmente hardware y software especializado que cuentan con mecanismos específicos para abordar su procesamiento. Sin embargo, incluso con los extraordinarios avances informáticos de los últimos años, existen grandes limitaciones para el tratamiento y representación conjunta 3D de todos los elementos de un territorio continuo.

La incorporación completa y efectiva de potencialidad 3D en un sistema de información geográfica (SIG) aún representa un reto difícil de alcanzar. Los SIG están intrínsecamente diseñados para el manejo de datos en 2D, tanto en su concepción teórica como en la metodología de trabajo, formatos, etc. heredada de la representación cartografía en papel. Sin embargo, la visualización de ciertos datos en 3D puede ser de extraordinaria utilidad, por lo que es importante realizar avances en la relación entre los SIG y sistemas de navegación 3D. Desde los laboratorios Videalab y Cartolab de la Universidad de Coruña, se trabaja con la idea de aprovechar las potencialidades y las características específicas de cada uno de estos sistemas, sin variar los requisitos técnicos específicos que demandan cada uno de ellos, para avanzar en el desarrollo de una comunicación efectiva entre distintas tecnologías logrando, a efectos prácticos, la integración aparente de ambas.

## PLANTEAMIENTO Y ESTRUCTURA

El proyecto se basa en el desarrollo de un sistema que permita al usuario visualizar sobre un navegador 3D de altas prestaciones (que en nuestro caso será el SANTI, descrito más adelante) los datos geoespaciales que necesite y que son suministrados en tiempo real desde un SIG, estableciendo qué entidades se visualizan en el navegador 3D y cómo se representan. Además, se permite cierta interacción con la información sobre ambos sistemas, solicitando datos de una entidad directamente sobre el navegador o dirigiendo desde el SIG los movimientos del navegador. El sistema está pensado para permitir no sólo el trabajo de un operador con el sistema, sino que también está diseñado para poder trabajar con usuarios diferentes, ubicados en lugares distintos, con lo que mientras uno controla de forma independiente el navegador, puede recibir y visualizar la información geográfica y alfanumérica suministrada por otro u otros usuarios desde un SIG. Tanto el SIG como el navegador se ejecutan como procesos independientes (incluso en distintas máquinas) e interaccionan intercambiando mensajes siguiendo un protocolo de

comunicación predefinido. El SIG se encarga de generar capas de información, operar con las bases de datos espaciales, hacer consultas, búsquedas, tratar los datos, etc.; mientras que el navegador 3D muestra las texturas del terreno en 3D, realizando todos los cálculos necesarios para moverse libremente por una región mostrando a la vez las capas vectoriales que el SIG le ordene. La conexión entre los programas es transparente al usuario, por lo que éste no tiene que intervenir a ese nivel.

El sistema desarrollado se divide fundamentalmente en 3 bloques, claramente diferenciados (figura 1):

- un navegador 3D con capacidad de generar texturas partiendo de datos vectoriales
- un SIG de uso general
- un protocolo de comunicación

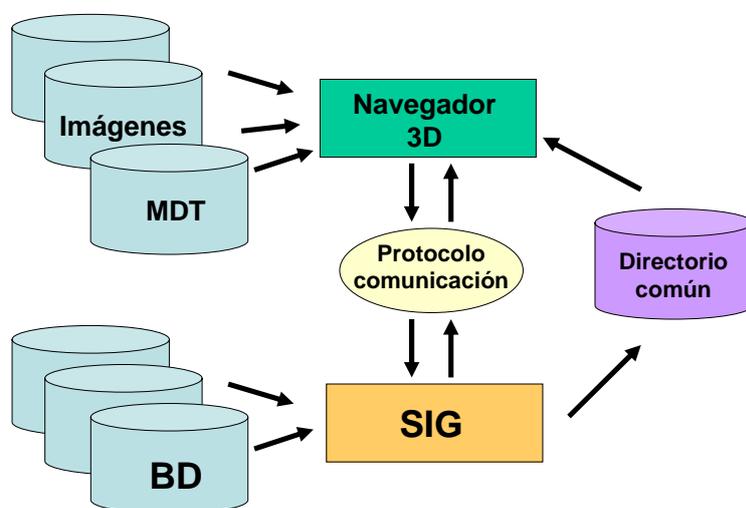


Figura 1: Estructura del sistema

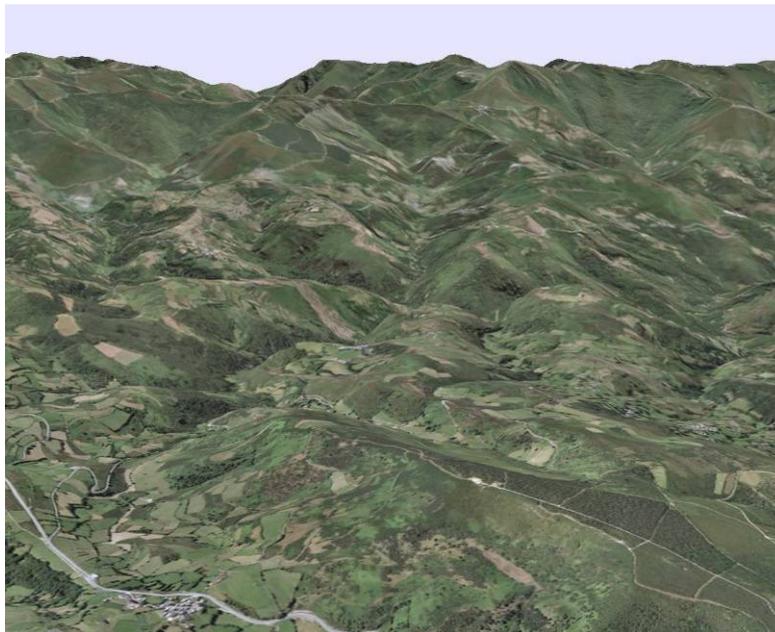
El sistema de gestión de la información precisa de un directorio común donde el SIG almacena los datos geográficos manejados o creados mediante consultas y análisis. El acceso a estas bases de datos se puede realizar por diferentes vías, como un disco local o un servidor en Internet. El navegador ante una orden de carga de una capa geográfica, la buscará en el directorio definido para incorporarla a la visualización mediante tres etapas. En una primera etapa se realiza el acceso a las bases de datos donde está almacenada la información SIG que se desea mostrar. La segunda etapa adapta la información procedente de las bases de datos para que pueda ser mostrada en tiempo real. Y finalmente, la tercera etapa visualiza la información SIG sobre un modelo digital del terreno.

### El navegador 3D: SANTI

Para el desarrollo de este proyecto utilizamos como navegador 3D uno propio, que el Videalab comenzó a desarrollar en 1998, y que se denomina Sistema Avanzado de Navegación sobre Terrenos Interactivos (SANTI). Este navegador 3D estaba basado inicialmente en arquitectura Onyx2 de Silicon Graphics y utilizando la técnica de clip-mapping para la aplicación de grandes texturas al terreno, y fue evolucionando hasta que actualmente está preparado para funcionar en las tarjetas gráficas presentes en los ordenadores personales. El SANTI es un visualizador interactivo de terreno que permite al usuario navegar a voluntad por la geografía

contenida en una base de datos que contiene un modelo digital del terreno formado por datos de elevación y por las imágenes utilizadas para texturizar dicho terreno.

El acceso a estos datos y la generación de las vistas se hace en tiempo real, utilizando un sistema basado en niveles de detalle que se organizan en torno a un punto que define el centro de la zona de máximo detalle situada en primer plano de la visualización del observador, y va reduciendo el detalle a medida que se distancia de ese punto. Este sistema de visualización permite independizarse de la base de datos y es altamente escalable, de forma que el rendimiento se mantiene aún cuando se aumenta la calidad o extensión del modelo digital, con una frecuencia no inferior a 60 fotogramas por segundo, lo que ofrece al usuario una visión de movimiento fluido y de gran calidad (figura 2), incluso utilizando imágenes de hasta 0.25 m/píxel que permiten mostrar con gran calidad cualquier zona del territorio.



*Figura 2: SANTI - Navegador 3D*

En los últimos años, especialmente desde el año 2004, la colaboración entre el Videalab y el Cartolab ha permitido que el SANTI adaptase su estructura para conseguir representar sobre el modelo 3D cualquier tipo de información proveniente de entornos SIG, utilizando modelos gráficos básicos (puntos, líneas, polígonos) o más complejos como modelos tridimensionales de los elementos a representar. El sistema propuesto gestiona de forma independiente la información raster y la información vectorial.

La información de tipo raster se genera a partir de imágenes georreferenciadas, que constituyen una capa de textura que se aplica sobre el relieve del terreno. Esta información raster se visualiza mediante el sistema de textura multirresolución que permite soportar multitextura y mezclar varias capas sobre el terreno simultáneamente (figura 3).

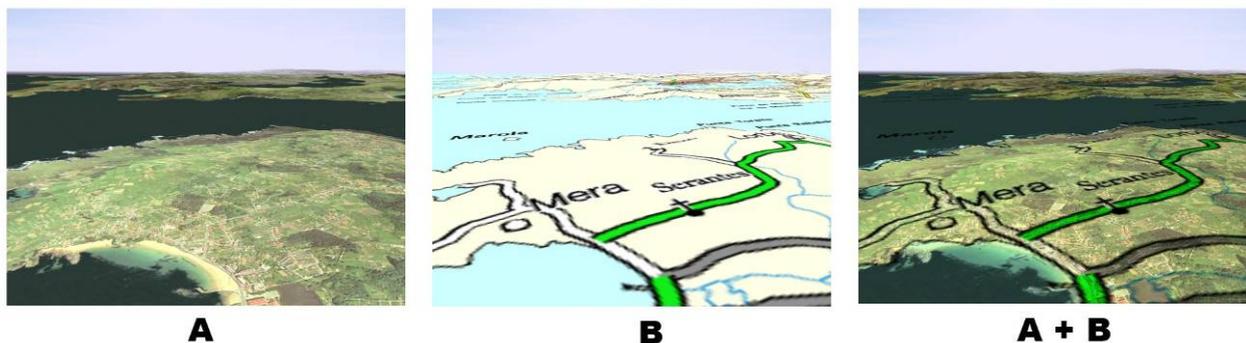


Figura 3: Múltiple representación de información raster

Para la información de tipo vectorial existen varias estrategias de representación de cada una de las primitivas, de forma que la información se visualice de la manera más adecuada según las necesidades:

- **Puntos:** representan lugares concretos en el terreno. Para visualizarlos existen tres estrategias que se pueden combinar entre ellas (figura 4)
  - **Polígono regular:** se establece el número de lados, con un tamaño y color determinados.
  - **Círculos:** dibujados sobre el terreno, con un radio y color determinados.
  - **Billboards:** etiquetas que se elevan sobre el terreno, formadas por imágenes o texto que pueden ser obtenidos de la base de datos.



Figura 4: Visualización de puntos usando círculos y billboards

- **Líneas o polilíneas:** se representan sobre el terreno con un grosor y color determinado (figura 5).



Figura 5: Visualización de líneas

- **Polígonos:** permiten delimitar áreas diferenciadas sobre el terreno (figura 6).

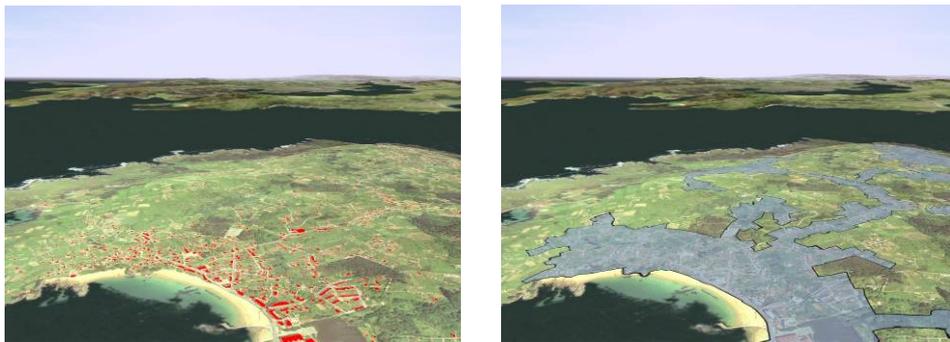


Figura 6: Visualización de polígonos

## El SIG - JUMP

Para desarrollar el sistema propuesto, se requiere de un SIG de base con las características genéricas de este tipo de programas, como por ejemplo:

- gestión, visualización y almacenamiento de datos geoespaciales
- procesado y operaciones sobre la información
- realización de consultas
- digitalización de elementos y edición
- etc.

Dado el gran desarrollo experimentado por los SIG libres, sumado a las ventajas que ofrece este tipo de software de código abierto, optamos por su utilización en nuestro proyecto para la combinación del SANTI con un SIG. De la amplia oferta de SIG libre existente, se eligió JUMP (JUMP Unified Mapping Platform) como SIG libre, ya que reúne todas las características señaladas anteriormente, así como muchas otras (especialmente desde sus últimas versiones) y posee una numerosa comunidad de desarrolladores y usuarios.

JUMP proporciona una interfaz gráfica de usuario y APIs diseñadas para permitir el desarrollo de aplicaciones con datos espaciales, fundamental para esta iniciativa. Cuenta con licencia GPL y está programado en Java siguiendo las especificaciones del "Open Geospatial Consortium" asegurando así el cumplimiento de estándares internacionales. La estructura modular de JUMP (figura 7) permite una gran extensibilidad, y las librerías de funciones que posee permiten con relativa sencillez la incorporación de una nueva herramienta, reduciéndose prácticamente a crear un archivo JAR con la nueva herramienta desarrollada y guardarlo en el directorio "ext" de JUMP. Al ejecutarse el programa de nuevo, JUMP cargará la nueva herramienta de manera automática.

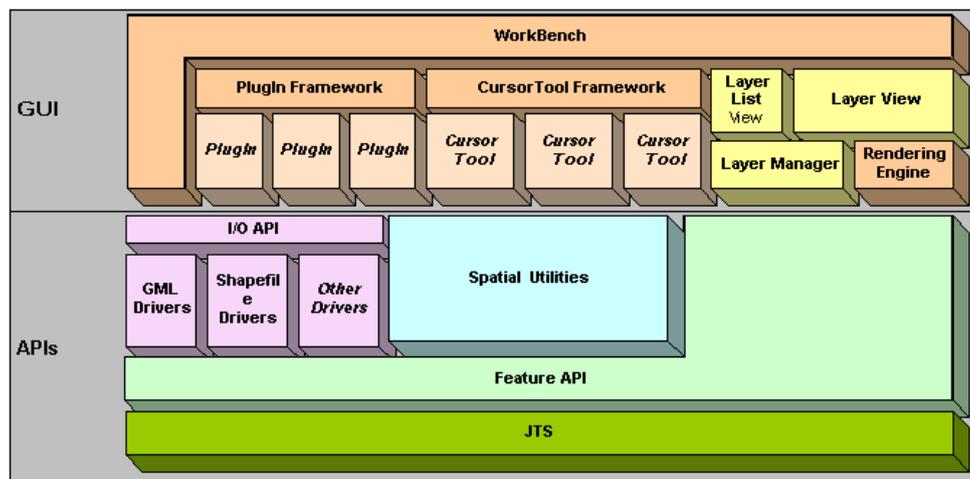


Figura 7: Arquitectura de JUMP

## Comunicación SIG-Navegador

Para lograr el entendimiento entre estos dos softwares se definió un protocolo de comunicación común constituido por una serie de órdenes o instrucciones. Estas órdenes son sentencias comprensibles por ambos programas y permiten lograr una comunicación fluida. Cada mensaje enviado desde un extremo, provoca una reacción en el otro. De este modo, mediante estas instrucciones se puede informar de un determinado estado o evento, ordenar la realización de una acción, solicitar datos, etc.

Las sentencias pueden ir acompañadas de parámetros que flexibilizan más la comunicación, consiguiendo con un número reducido de instrucciones en el protocolo, una comunicación simple y efectiva con una gran cantidad de funcionalidades. En nuestro caso, los parámetros son valores alfanuméricos y/o archivos XML, que complementan las sentencias haciendo variar el comportamiento de una orden o aportando la información necesaria para llevar a cabo una acción. El uso de XML otorga al sistema un modo ordenado y seguro de estructurar las capas de información que se desean visualizar, así como sus propiedades gráficas de representación.

Por ser una comunicación dual, tanto el SIG como el navegador 3D pueden recibir o enviar mensajes, existiendo diferentes tipos según su emisor y destino. Esta comunicación se realiza usando el protocolo TCP/IP, lo que permite que se puedan estar ejecutando los programas en máquinas distintas. El navegador tiene un puerto de comunicación abierto para permitir que el SIG se conecte, y una vez aceptada la

conexión, ya se puede proceder al intercambio de mensajes con las órdenes pertinentes.

Esta estructura de comunicación convierte a un SIG común en un sistema control remoto del SANTI que responde a las señales procedentes de éste, y viceversa. Se debe hacer notar que, a pesar de la conexión, ambos programas conservan su independencia y comportamiento normal, de modo que se puede seguir interactuando sobre los respectivos mandos de cada software del modo habitual. Se consigue así un sistema distribuido que otorga al SIG capacidad de visualización de capas de información en 3D además de una serie de operaciones para moverse sobre el modelo tridimensional.

## IMPLEMENTACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Como ya se ha comentado, las librerías ofrecidas en JUMP contienen todas las funciones necesarias para gestionar las capas geográficas y las características de representación de éstas. Haciendo uso de ellas, se implementó la herramienta con la que se consigue la administración y gestión de propiedades gráficas de las capas que el SANTI visualiza según demanda. Mediante la utilización de sockets, la nueva funcionalidad del SIG establece la conexión con el navegador SANTI al iniciar el diálogo de control. Una vez conectados los sistemas pueden comenzar operar entre ellos aprovechando todas las funcionalidades que JUMP ofrece con capacidades SIG para cargar capas de información geográfica, crear, editar, modificar sus características gráficas, almacenar, realizar consultas, extraer nueva información, etc.

Se diseñó e implementó una ventana de gestión que integra todas las funciones que se necesitan para ejecutar cada una de las operaciones posibles en el navegador. Se intentó que fuese lo más intuitiva y cómoda posible, para que la activación de la visualización 3D resultase sencilla en el proceso de trabajo con el SIG. En la figura 8 se muestra una captura de pantalla de JUMP con el menú relativo a herramientas de gestión de capas desplegado. Se puede observar el plugin que activa la comunicación con el SANTI, así como un panel de gestión y control remoto para visualizar las capas geográficas sobre tres dimensiones.

Desde la consola se permite seleccionar a la vez todas las entidades que se quieren enviar al SANTI así como realizar diferentes acciones o modificar parámetros de visualización. Como ejemplo, se enumeran brevemente las funcionalidades implementadas en el panel de control:

- Cambio de nombre de la capa para visualizarlo en la leyenda del navegador
- Activar la capa como visible o invisible
- Seleccionar y modificar el color de relleno de los polígonos
- Seleccionar y modificar el color y grosor de las líneas exteriores de los polígonos y de las entidades lineales
- Modificar el grado de transparencia de las entidades
- Seleccionar y modificar la forma y color de representación de entidades puntuales
- Definir las propiedades gráficas de los textos a visualizar a partir de los datos alfanuméricos de una entidad (atributos, tamaño de texto, tipo de fuente, color, transparencia, altura con respecto al suelo, representación de la línea de anotación que une el texto con el elemento, etc.)

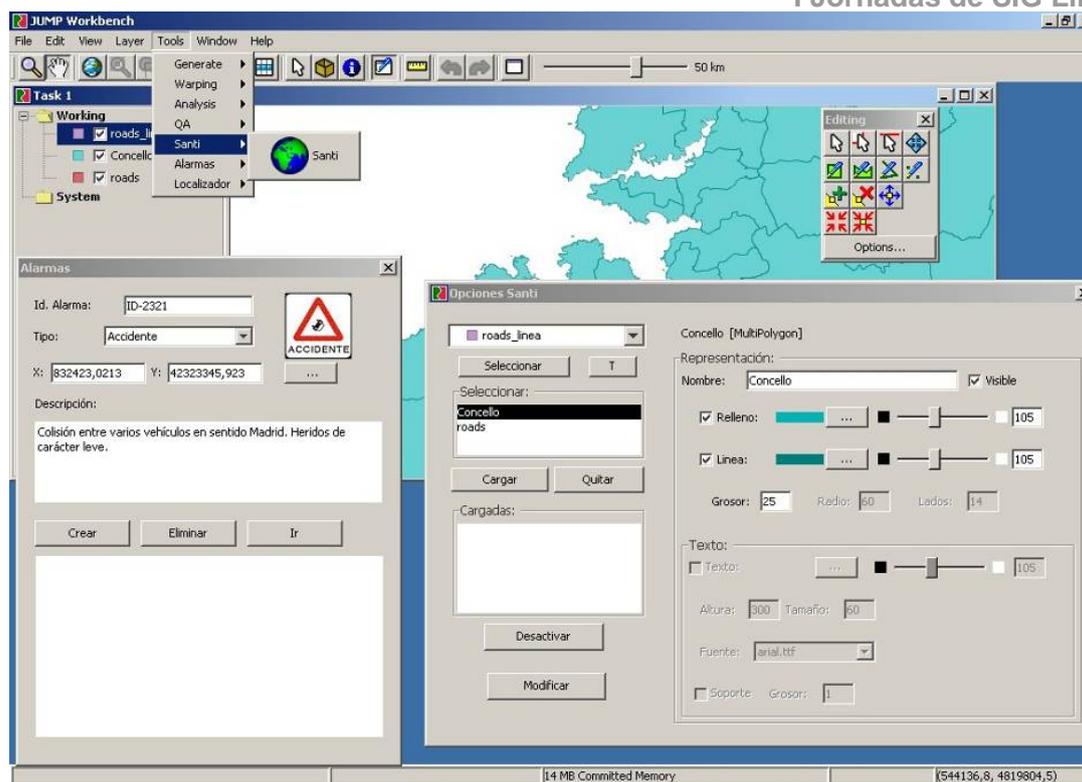


Figura 8: JUMP con el gestor de capas del navegador desarrollado.

Una vez que se ordena el envío de las capas al navegador, las órdenes viajan hacia el puerto abierto del SANTI a través de la red. Éste recibe la orden y responde a ella realizando la tarea requerida, en el caso comentado, mostrar capas SIG sobre el navegador 3D con las propiedades gráficas definidas. La etapa de acceso a la base de datos utiliza un protocolo propio que alimenta el módulo “adaptador a tiempo real” (que veremos a continuación), aislando así la función de interpretar formatos o protocolos concretos. Gracias a esta separación, implementar accesos a otras fuentes de datos es transparente al resto del sistema. Ejemplos de distintas implementaciones de este módulo son el acceso a ShapeFiles o la consulta de un servidor de datos geoespaciales a través de GML, lo que permite actualizar en tiempo real cualquier información que tenga una variación a lo largo del tiempo (por ejemplo, datos de estaciones meteorológicas).

La etapa de adaptación de datos a tiempo real es una de las más críticas, puesto que afectará directamente al rendimiento y, por tanto, al grado de satisfacción del usuario. El primer paso consiste en realizar una organización espacial eficiente, de manera que cualquier requerimiento de información para un área dada involucre un acceso lo más rápido posible a la base de datos. La segunda etapa, de visualización, necesita acceso a regiones rectangulares de la información SIG a diferentes escalas. Por tanto, la organización espacial más eficiente es una que divida el espacio en una estructura de árbol. En algunos casos la información es tan densa que aumenta considerablemente el tiempo requerido para mostrarla sobre el terreno, por lo que se hace necesario realizar una simplificación a escalas diferentes, lo que requiere encontrar el punto de equilibrio entre el tiempo de render y la calidad deseada.

La información GIS no siempre se puede enviar directamente a un sistema gráfico 3D. Los sistemas de última generación todavía dibujan triángulos, líneas y

cuadriláteros, por lo que es imprescindible realizar un proceso de teselado de la geometría, que convierta complejos polígonos posiblemente convexos y con huecos, a listas de triángulos. Nuestro sistema permite adaptar las diferentes primitivas vectoriales en tiempo real utilizando varios algoritmos, que a su vez se pueden combinar. Para la visualización en tiempo real de los elementos vectoriales sobre el modelo tridimensional del terreno se estudiaron varias alternativas, y finalmente se decidió por utilizar una técnica de visualización mediante una textura mapeada sobre el modelo digital, que consiste en convertir los elementos vectoriales en una imagen raster que se aplica como una textura sobre el modelo tridimensional. Esto permite que los elementos vectoriales se adapten perfectamente sobre el terreno independientemente del modelo digital visualizado.

En otras aplicaciones desarrolladas sobre este sistema se permite la interacción directa desde el navegador, por lo que será desde SANTI dónde se pida cierta información relativa a los datos geográficos mostrados. Dicha orden será recibida por el SIG y responderá a ella sirviendo los datos en un nuevo mensaje que se mostrará sobre el SANTI con diferentes estrategias de representación según la consulta realizada.



Figura 9: Representación conjunta de diferentes elementos geográficos.

## CONCLUSIONES

Este proyecto de comunicación entre SANTI y SIG, aunque está en fase de desarrollo, ya se ha utilizado en diferentes aplicaciones prácticas destinadas al trabajo de profesionales concretos tanto para la evaluación de los datos disponibles sobre una región con el fin de planificar adecuadamente nuevas actuaciones, como para realizar presentaciones donde mostrar a la ciudadanía los proyectos desarrollados y los previstos sobre un determinado ámbito territorial. Podemos citar brevemente algunas ellas, como los trabajos de planificación para mejorar la cobertura de las señales de Televisión Digital Terrestre en Galicia; la divulgación pública del Plan de Saneamiento y Recuperación del Entorno de La Coruña; estudio y divulgación de los servicios turísticos en torno al Camino de Santiago; análisis de la evolución histórica de las infraestructuras del sistema de abastecimiento en la ciudad de La Coruña; apoyo a la toma de decisión en obras de carreteras; aplicaciones para la gestión de tráfico; etc.

Estas experiencias demuestran que la unión de estos dos sistemas se muestra especialmente útil en multitud de ámbitos y de análisis. Creemos que en estos

momentos es de gran utilidad para aquellas instituciones y organismos que trabajan en la gestión de cualquier aspecto territorial sobre grandes regiones y/o no cuentan con una cartografía homogénea o de la suficiente calidad y detalle. Especialmente interesante sería el uso de este sistema en centros de gestión de fenómenos que afectan a un gran ámbito territorial, que necesiten un análisis y seguimiento continuo, y donde tiene gran relevancia la orografía; como puede ser la gestión de tráfico, la extinción de incendios, servicios de protección civil o emergencias, etc.

Este sistema permite referenciar cualquier dato que se tenga, por muy puntual que sea, sobre [toda la riqueza territorial y visual que ofrecen] las imágenes satélite de alta resolución o las ortofotografías, lo que ayuda a analizar y comprender el significado del dato en su contexto territorial. Con el sistema propuesto se permite disponer de forma mucho más rápida y precisa de la base geográfica necesaria, permitiendo actualizaciones en menores plazos y consiguiendo una visualización más real del territorio, al utilizar un modelo digital del terreno. Los problemas de tiempos de espera demasiado elevados en el manejo de este tipo de información ráster se evitan mediante la utilización de las técnicas desarrolladas en SANTI, al igual que los problemas de representación de información SIG en formato vectorial sobre modelos 3D del terreno. Sin embargo será necesario seguir trabajando para aumentar la robustez y las capacidades del sistema, e intentar hacerlo lo más versátil y útil posible.

## REFERENCIAS

- ◆ HERNÁNDEZ, L. TAIBO, J. SEOANE, A. LÓPEZ, R. JASPE, A. VARELA, A. (2005) Real-time visualization of geospatial features through the integration of GIS with a realistic 3D terrain dynamic visualization system. XXII International Cartographic Conference (ICC2005). The International Cartographic Association (ICA-ACI). A Coruña.
- ◆ HERNÁNDEZ, L. TAIBO, J. y SEOANE, A.. (1999). Una aplicación para la navegación en tiempo real sobre grandes modelos topográficos. In IX Congreso Español de Informática Gráfica, CEIG.
- ◆ LONGLEY, P. y BATTY, M. Ed. (2003) Advanced Spatial Analysis: The CASA Book of GIS. ESRI.
- ◆ TANNER, C. C., MIGDAL, C. J., y JONES, M. T. (1998) The clipmap: a virtual mipmap. In Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, ACM Press, 151–158.
- ◆ TOMLIN, C. Dana. (1990) Geografic Information System and Cartographic Modeling. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- ◆ VARELA, A. HERNÁNDEZ, L. TAIBO, J. SEOANE, A. LÓPEZ, R. JASPE, A. (2005) Gestión del tráfico mediante la integración de un GIS con un sistema de navegación realista en 3D sobre el territorio. Congreso ITS. Málaga.
- ◆ <http://jump-project.org/>
- ◆ <http://www.opengeospatial.org/>
- ◆ <http://www.w3.org/XML/>