

# APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS GIS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIÓN

Martínez Huerta, G. M.; Roqueñí Gutiérrez, N.; Rodríguez Montequín, J. V.; Villanueva Balsera, J.

Universidad de Oviedo  
Área de Proyectos de Ingeniería

## Resumen

*Hoy en día el Sistema de Información Geográfica (SIG) se ha convertido en una herramienta imprescindible para la planeación estratégica del desarrollo permitiéndonos analizar y tomar de decisiones sobre todo para el control y uso del suelo, el análisis de los servicios públicos, así como la ordenación del territorio y la gestión del medio ambiente.*

*El auge de las tecnologías de la información y las comunicaciones ha propiciado la proliferación de un gran número de antenas con diversos fines (televisión, telefonía móvil, etc.) situadas en postes a menudo próximos entre sí. Esta proliferación provoca una degradación del medio ambiente y una pérdida de recursos medioambientales que resulta insostenible.*

*El SIG pretende proporcionar información que ayude en la toma de decisiones, tales como determinar el punto óptimo para un nuevo repetidor por necesidades de cobertura, distribución de la población, facilidad de acceso o proximidad a otros repetidores. Dado el escaso seguimiento realizado hasta el momento por parte de las diferentes administraciones con competencias en la materia, muchas de estas instalaciones son desconocidas, tanto su ubicación como su propia existencia*

*En este trabajo se presenta un estudio para localizar, situar y evaluar cada una de las antenas mediante sistemas de localización GPS, introduciendo todos los datos en un sistema SIG con dos bases cartográficas, una general (1:200.000), y otra de detalle (1:5.000) que pueden ser utilizadas por la Administración como base para la revisión y racionalización de la distribución y concesión de licencias de antenas.*

**Palabras clave:** **Sistemas de Información Geográfica; Optimización; Telecomunicaciones.**

## Introducción

Hoy en día los sistemas de información geográfica (GIS) resultan casi imprescindibles para el desarrollo de muchos proyectos siendo esta herramienta muy importante a la hora de tomar decisiones, tanto por su precisión como por la claridad visual que ofrece a la hora de su consulta.

El Área de Proyectos de Ingeniería ha desarrollado una aplicación integrada en Microstation sobre base cartográfica para la creación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) de localización de las numerosas antenas de telecomunicación, (televisión, telefonía móvil, radioenlaces,...), que han proliferado de manera creciente en nuestro entorno, con el fin de adecuar el lugar de ubicación de estas a las necesidades reales de la población.

La finalidad de este SIG es la de facilitar el análisis y tratamiento de datos permitiendo visualizar la información geográfica y ofreciendo todas las funcionalidades de manipulación de los datos geográficos, permitiendo representar espacialmente multitud de datos, que serán utilizados en los procesos de planificación y toma de decisiones en el análisis y control de los servicios públicos y del uso del suelo.

El primer paso para la elaboración de esta red ha sido la realización de un inventario de campo, para ello se ha accedido al punto exacto en el que se localiza cada estación reemisora tomando nota del número de postes en dicho punto, tipos de antenas y la orientación de cada una. En dicho inventario también se ha tomado nota de la forma de acceso, altura a la que se encuentra, estado de conservación y se han realizado fotografías de cada antena así como de su entorno.

## **Fundamentos**

La liberalización del mercado de las telecomunicaciones ha implicado la necesidad de generación de infraestructuras de las redes correspondientes en respuesta a las necesidades de implantación de diversidad de operadores que actúan en régimen de competencia. Las ventajas de la transmisión inalámbrica a la hora de cubrir grandes distancias y el incremento de las necesidades de comunicación han supuesto un incremento desmesurado de la ocupación del espectro radioeléctrico y, por tanto, de todos los mecanismos a él vinculados como las antenas. Se calcula que existen, según las opiniones más conservadoras más de 30.000 estaciones en España, siendo Asturias uno de los territorios más poblados, con cerca de 3.000, debido a la orografía y dispersión de la población.

La rápida evolución del sector, junto con el crecimiento de operadores habilitados para la implantación de redes e infraestructuras, afecta a diversos ámbitos fundamentalmente, los que se refieren a Ordenación del territorio, urbanismo, medio ambiente, vivienda, salud y patrimonio cultural. Esta rapidez ha pillado desprevenida a la administración que la afronta de forma fragmentaria puesto que si bien la concesión de licencias es estatal, tanto los ayuntamientos como las comunidades autónomas tienen responsabilidad sobre la implantación de las antenas, existiendo diversas legislaciones en cada una de ellas.

La ley 11/98 General de Telecomunicaciones, fijaba los principios básicos, pero no fue hasta septiembre de 2001 cuando se impuso restricciones reales a la implantación con la adopción de una directiva europea que dió lugar al R.D. 1066/2001 sobre protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias. Este decreto provocará

un reanálisis de los lugares en que se producen las emisiones y la reubicación de algunas de las fuentes.

Por otra parte la inexistencia de un operador de infraestructuras provoca una triplicación de servicios en el caso de las antenas de telefonía móvil, puesto que no se comparten los postes.

Los sistemas tradicionales de información geográfica consistían en un mapa convencional en el que se representan determinadas características de acuerdo con una simbología. Esto tiene serias limitaciones que difícilmente pueden ser superadas pues es prácticamente imposible representar, simultáneamente, la gran diversidad de datos.

Los Sistemas de Información Geográfica permiten aumentar notablemente la capacidad de análisis de información espacial compleja. Lo que se pretende es algo más que tener un mapa asociado a una base de datos, gracias a su enorme capacidad para analizar y generar nueva información, mediante la manipulación y reelaboración de un conjunto previo de datos gráficos o alfanuméricos. Además, el SIG ofrece a los usuarios la posibilidad de manejar, simultáneamente, diferentes capas de información o más de un conjunto de elementos gráficos.

Frecuentemente nos encontramos con la presencia de 2 estaciones reemisores próximas, en unos casos se trata de estaciones que se han quedado obsoletas y se han colocado otras próximas a estas sin sustituir las primeras como puede verse en la figura 1, otras veces en el mismo territorio se pueden ver antenas próximas con distintos usos, figura 2, e incluso también se han visto numerosas estaciones, con un mismo uso, en un radio muy cercano cada una de ellas perteneciente a una compañía diferente.



Fig. 1. Ejemplo de una instalación nueva próxima a otra ya existente

Con el desarrollo de este proyecto se pretende generar un sistema de control y seguimiento de las distintas antenas de telecomunicación, de forma que por ejemplo sabiendo su situación y estado actual se pueda generar un informe sobre la necesidad de una reubicación, rehabilitación o si es susceptible de un reaprovechamiento para otros usos, tratando de evitar el crecimiento incontrolado de estos postes a la vez que se determina el punto optimo de ubicación.



Figura 2. Ejemplo de antenas cercanas de distintos operadores

## Objeto

Se ha desarrollado un proyecto para el diseño y gestión de las antenas de telecomunicación ubicadas en el entorno de estudio con el fin de optimizar su distribución espacial.

El primer paso ha sido la elaboración de un catalogo de antenas existentes, siendo este una relación detallada de las características de dichas antenas así como de una descripción del entorno y accesos.

Posteriormente se realiza una evaluación y tratamiento de los datos obtenidos para su gestión a partir de un sistema de información geográfica mediante el desarrollo de una base cartográfica en la que se representaran gráficamente las distintas estaciones. Además de la generación de una Base de Datos que contendrá toda la

información de las estaciones, a la cual se puede acceder directamente desde el entorno gráfico.

## **Inventario de campo**

Dado el crecimiento desordenado y las diversas titularidades de cada uno de los reemisores, no se conoce con precisión la situación de las antenas. A través de organismos públicos se obtienen unos datos de partida aproximados, limitados en general a los territorios que cada una de ellas cubre. Es necesario por tanto, antes de cualquier proceso de racionalización u optimización realizar un inventario de campo que permita posicionar cada elemento con una precisión suficiente (en el entorno de 10-50 m, dada la escala utilizada).

Para este inventario se accedió a todos los puntos, que fueron posicionados mediante un GPS que proporcionó la longitud, latitud y altura a la que se encontraba el sistema reemisor. Tras posicionar los postes se inventaría el número de antenas situadas sobre él, tomando nota de las orientaciones y tipos de cada una de ellas, con el fin de poder conocer las coberturas que cubre. Además se recogieron datos sobre el tipo de estación, características del entorno, estado de las instalaciones y presencia de otros postes en las inmediaciones. Esta situación es especialmente importante por dos circunstancias:

Las antenas cercanas, de cualquier tipo de radiofrecuencia, pueden ser objeto de reubicación en el proceso de racionalización y

La orientación de las antenas de los alrededores permite por triangulación podamos establecer la red de antenas de todo el territorio, corregir errores en las tomas de datos mediante regresión y establecer los caminos de la señal, de modo que se pueda establecer una cadena de fallos para cada una de ellas.

La información recogida se completó con detalles sobre la forma de acceder a la estación, estado de los accesos y características del entorno, realizando además fotografías del propio sistema reemisor y de su entorno.

Por último se obtiene información acerca de si el núcleo de población próximo a la antena recibe la señal de forma clara o si en caso contrario este no es el punto óptimo de ubicación, con el fin de determinar qué punto si lo es y reaprovechar una estación ya existente.

Toda esta información es transferida a formato digital, transformando las posiciones a coordenadas UTM compatibles con la cartografía oficial del Principado de Asturias según elipsoide de Hayford, proyectando todos los puntos sobre un mismo huso con el fin de que los datos sean compatibles, dado que el territorio en estudio se extiende por dos husos distintos.

## **Desarrollo del proyecto**

Los datos son almacenados en una Base de Datos *MS-Access*, que además de el nombre de cada una de las estaciones, municipio al que pertenecen, ubicación, forma de acceso incluye otros como fechas de licencias, altas y bajas, potencias,

tipos de reemisor, etc. Además se incluye en la información una fotografía de la antenna y otra del entorno.

| Municipio | Concepto | Altitud (msnm) | Orientación | Operativo | Dispositivo | Orientación | Operativo | Dispositivo | Orientación | Operativo | Dispositivo | Orientación | Operativo | Dispositivo |
|-----------|----------|----------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| Cantaboya | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |
| La Cruz   | Estación | 100'           | E           | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          | 00          | 00        | 00          |

Figura 3. Base de Datos del sistema basado en MS-Acces

El soporte del sistema de información geográfica debe ser Microstat J o superior, con interfaces creadas para su utilización bajo sistema operativo Windows. Las ventanas, procedimientos o funciones complementarias han sido desarrollados dentro de la herramienta SIG utilizando el lenguaje de programación Java (JMDL) para su total integración.

La información geográfica o mapas desarrollados sobre Microstat J está enlazada con la información alfanumérica contenida en la base de datos MS-Access, pudiendo realizar consultas sobre esta que son devueltas de forma gráfica.

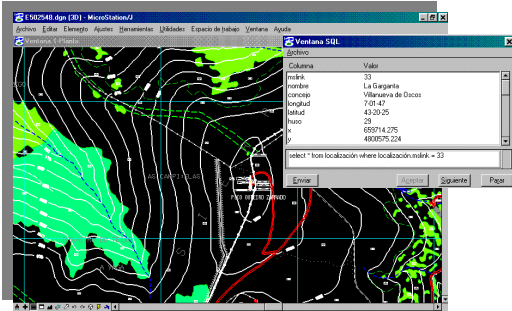


Figura 4. Representación de la información geográfica sobre Microstat con el enlace a la información alfanumérica correspondiente al reemisor representado.

El usuario puede consultar toda la información referente a una antena, así como realizar búsquedas por concejos, por tipos de antena, por potencias, por fechas, etc. Los resultados de las búsquedas son mostrados alternativamente como listado o sobre la cartografía.

El acceso al sistema se realiza desde un mapa general con enlaces a la cartografía 1:5000, de modo que se pueden apreciar los detalles de cada una de las antenas, pero manteniendo una visión global. Las distintas capas pueden ser filtradas de forma que las capas que no poseen información relevante pueden ser desactivadas, manteniendo exclusivamente aquellas más representativas como pueden ser, infraestructuras y poblaciones más importantes. Existiendo además una base cartográfica 1:200.000 que nos proporciona una visión más general del sistema.

La información geográfica se proporciona como un archivo DGN de Microstation. La base cartográfica incluye todas las zonas en las que existen repetidores, basada en la cartografía 1:5.000 en formato DGN y que puede ser adaptada por el equipo desarrollador.

Las estaciones reemisoras son representadas mediante un símbolo característico en la cartografía digital, siendo posible consultar la información contenida en la base de datos a través de estos símbolos representativos. Para acceder a la información basta simplemente con pulsar con el ratón sobre dicho símbolo.

A partir de estos datos se accede también a las imágenes correspondientes al reemisor y a su entorno. Las consultas están predeterminadas y es posible también realizar otras no programadas con la introducción directa por parte del usuario de la consulta SQL correspondiente.

## **Conclusiones**

La finalidad de este proyecto es la optimización del espacio a la hora de establecer una red de telecomunicaciones de manera más respetuosa posible con el entorno con el fin de reaprovechar al máximo posible los postes ya instalados. La disminución en el número de postes a instalar conllevará una disminución del impacto ambiental que toda la infraestructura necesaria para su ubicación puede provocar.

Este sistema de información geográfica dispone de una conexión a una base de datos que permite un acceso directo y sencillo a las condiciones de los reemisores para conocer el estado de revisión de cada una de las estaciones, sus características técnicas, observaciones, etc. Además este sistema de información contiene todos los atributos gráficos, fotografías y mapas de estos sistemas, permitiendo conocer el número de estos existente en una determinada zona.

El diseño del sistema está pensado para que de forma sencilla distintas personas pueda acceder a la vez a una misma base de forma rápida y fiable sin necesidad de conocimientos específicos. El sistema permite también realizar nuevas inserciones o modificaciones sobre el propio Microstation, de forma que por ejemplo después de una nueva reubicación, los datos sean trasladados de forma inmediata a nuestro sistema.

El sistema es de gran utilidad a la hora de planificar rutas de acceso a una estación determinada ya sea para mantenimiento o por averías y además conseguir el fin primero de este proyecto que consiste en evitar la masificación reaprovechando las estaciones para distintos usos y compañías, evitando el impacto ambiental que la multiplicidad conlleva, contribuyendo así a un desarrollo sostenible.

Además el sistema puede ser utilizado para uso particular o de los antenistas, indicando la dirección a orientar la antena receptora desde cualquier emplazamiento. Asimismo se puede realizar un rediseño de las orientaciones y los postes con el fin de considerar efectos de impacto visual e incluso de radiaciones recibidas.

## Referencias

- [Bos97] BOSQUE SENDRA, J. *Sistemas de información geográfica*, Ediciones Rialp, S.A., 2ª edición, 1997.
- [Cal92] CALVO MELERO, M., *Sistemas de información geográfica digitales IVAP*, Instituto Vasco de Administración Pública. 1992.
- [Ceb92] CEBRIÁN DE MIGUEL, J. A., *Información geográfica y sistemas de información geográfica*, Universidad de Cantabria. Servicio de Publicaciones, 1992.
- [Gra96] GRAEME F. BONHAM-CARTER *Geographic Information Systems for Geoscientists. Modelling with GIS. Computer Methods in Geosciences*, Volume 13, 415 p. Pergamon, 1994 (reimpreso 1996).
- [Gut94] GUTIÉRREZ PUEBLA, J.; Gould, M., *SIG, sistema de información geográfica*, Editorial Síntesis, S.A., 1994.
- [Mol95] MOLDES TEO, F. J.; *Tecnología de los sistemas de información*, Ra-Ma, 1995.