

Aplicación de un Sistema de Información Geográfica Municipal en la revisión del Plan General de Palma de Mallorca

Antonio LLAMAS MÁRQUEZ

Arquitecto Jefe del Servicio de Control de Planeamiento, Ayuntamiento de Palma de Mallorca

RESUMEN: Los aspectos más importantes en el desarrollo del SIG que se describe más adelante, son varios. En primer lugar facilitar los trabajos de redacción del Plan General de Palma de Mallorca, evitando la aparición de errores que se originan en los múltiples cambios durante su elaboración, en especial referidos a cálculos de superficies, delimitación de zona, etc. En segundo lugar y finalizados dichos trabajos con la aprobación definitiva del Plan hacer su utilización ágil y efectiva, tanto por los técnicos Municipales en sistemas de consultas urbanísticas y generación de certificaciones, como en los profesionales liberales en el desarrollo de sus trabajos particulares, y en tercer lugar las infinitas posibilidades que supone la incorporación de otras bases de datos (licencias de obras, población, catastro), en orden a la elaboración de planos temáticos, trabajos de investigación, etc.

Descriptores: Sistemas de Información Geográfica, Plan General Municipal, Palma de Mallorca.

I. ANTECEDENTES Y FECHAS INICIO

En diciembre de 1992 se inicia el proceso de elaboración de la Revisión del Plan General con la aprobación de las Directrices Básicas que habrían de servir de base para la confección del futuro Plan General.

Se suministra en formato vectorial DGN la información del Plan vigente que hasta ese momento se había ido realizando en el sistema Carine II.

El desarrollo de las diferentes aplicaciones, tanto para el trabajo efectivo de redacción de documentos en las distintas fases como para su posterior utilización, ha sido realizado íntegramente

por el personal de la Oficina de Revisión del Plan, en especial por el técnico en informática de gestión D. Antonio Piña Valls, bajo las directrices del que ésto suscribe, como Coordinador de la Oficina.

2. ASPECTOS Y OBJETIVOS DEL SIG

El SIG se podría definir como un sistema de *hardware, software* y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión. En este caso, para el desarrollo del planeamiento, gestión y ejecución del Plan General de Palma.

El dato espacial puede ser sintetizado, analizado y presentado cartográficamente a través del SIG, para lo cual debe ser introducido en la base de datos con una serie de requerimientos y características que hacen al dato espacial operativo en el SIG, pudiendo así resolver con dichos datos problemas de toma de decisiones.

Básicamente el SIG está estructurado por cuatro elementos fundamentales, los cuales permiten realizar sus operaciones posibles considerando la complejidad del tratamiento del dato espacial y sus componentes espacial y temática.

- 1) El primer elemento representa la *parte física donde se asienta el SIG*. En el inicio de la revisión del Plan General la oficina disponía de ordenadores PC 486, 3 Mhz, 8 Mb RAM, equipos que se fueron actualizando hasta los utilizados actualmente a la finalización del trabajo; Pentium II, 233 Mhz, 64 Mb. Asimismo, son requeridos un conjunto de periféricos, como *plotters*, impresoras, etc.
- 2) El segundo elemento, el *software*, es el encargado de realizar las operaciones y la manipulación de los datos. Para ello utilizamos el programa de diseño vectorial Microstation de Bentley Systems © y se desarrolla una aplicación a medida para el plan que realiza la funciones de entrada de información, gestión de datos, transformación y análisis de datos y salida de los mismos.
- 3) El tercer elemento del SIG es el dato, posiblemente el más importante ya que sobre él son realizadas todas las operaciones posibles de desarrollar.
- 4) El cuarto y último elemento es el representado por las personas encargadas del diseño, implementación y uso del SIG; estas personas son las que deben gestionar y desarrollar las posibilidades que ofrecen estos sistemas, para así producir resultados, soluciones, selecciones, análisis, etc., a partir de las bases de datos espaciales.

3. FUNCIONES DEL SIG

Se pueden agrupar en cuatro conjuntos fundamentales:

- *Entrada de información*: los datos espaciales y sus características temáticas asociadas provienen por lo general de diversas fuentes y en distintos formatos. La información espacial para el desarrollo de la revisión fue suministrada en formato vectorial, información que hasta ese momento se había ido realizando en el sistema Carine II desde la realización del Plan General entonces vigente de 1985.
- *Gestión de datos*: esta función abarca las operaciones de almacenamiento y recuperación de los datos de la base de datos, es decir, los aspectos concernientes a la forma en que se organizan los datos espaciales y temáticos en la base de datos.
- *Transformación y análisis de datos*: esta función es el aspecto fundamental del SIG, donde radica todo su potencial operativo. Las funciones de transformación y análisis de datos son las que proveen nuevos datos a partir de los existentes originalmente. Es aquí donde el usuario define los datos y cómo los utilizará para resolver problemas espaciales determinados. La combinación reclasificación, superposición y otras aplicaciones sobre las capas de datos espaciales que permiten desarrollar e implementar el modelado espacial son realizados aquí, produciendo las posibles soluciones a los problemas planteados inicialmente. Los planificadores pueden obtener una impresión de cuál puede ser el resultado de sus decisiones en el territorio, o bien plantear diferentes escenarios virtuales para evaluar la implementación de políticas o medidas de planificación. También es factible establecer funciones de selección de áreas óptimas para diversos aspectos como, por ejemplo, localizaciones para instalaciones urbanas.
- *Salida de datos*: existen diversas formas de salida de datos, que dependen de los requerimientos del usuario: mapas temáticos, tablas de valores, representaciones sobre ciertas zonas, etc. La presentación puede obtenerse a través de impresoras, plotters, o simplemente ser dispuesta en una pantalla gráfica.

4. ESTRUCTURA DEL SIG

Los datos espaciales contenidos en el SIG pueden concebirse como un conjunto de mapas de una porción específica de la superficie, representando cada uno de ellos una variable temática, como la ocupación del suelo urbano, suelo urbanizable, elementos de uso dotacional como equipamientos clasificados por su uso: docente, sanitario, religioso, etc., espacios libres, elementos catalogados, etc. Una vez que una variable temática ha sido introducida, recibe el nombre de capa temática, en la cual se representa una tipología específica de elementos del mundo real. El conjunto de capas que lo componen tienen una característica que es fundamental para los análisis que pueden realizarse entre ellas y es que un punto de una determinada capa tiene exactamente la misma localización (X,Y) en las demás, lo que permite un perfecta superposición entre dos o más capas de un mismo SIG para realizar determinadas operaciones espaciales. Así pues por ejemplo si disponemos de:

- Capa 1: Suelo Urbano
 - Capa 2: Barrio
 - Capa 3: Equipamiento docente: escuela

podemos obtener de forma inmediata nuevos datos: la escuela está ubicada en el Barrio N dentro del suelo Urbano. ¿Qué equipamientos docentes están ubicados en el barrio N?

El componente espacial de los datos puede ser representado en un SIG a través de dos modelos: vectorial y *raster*. El SIG del Plan General de Palma ha sido modelizado vectorialmente. La información del mundo real es representada por los puntos y líneas que definen sus límites o fronteras, estableciendo un sistema de coordenadas (X, Y) para localizar cada objeto espacial en una capa. De este modo una manzana estaría descrita como un área (polígono) en el que el conjunto de coordenadas correspondientes a sus vértices y las líneas que los unen delimitan su frontera.

Una vez que la componente espacial de los datos ha sido establecida, es necesario relacionar los atributos temáticos pertenecientes a cada objeto espacial. Así podemos relacionar una estructura de datos espaciales como la descrita anteriormente con una base de datos de tipo relacional a través de un modelo que llamamos *georrelacional*.

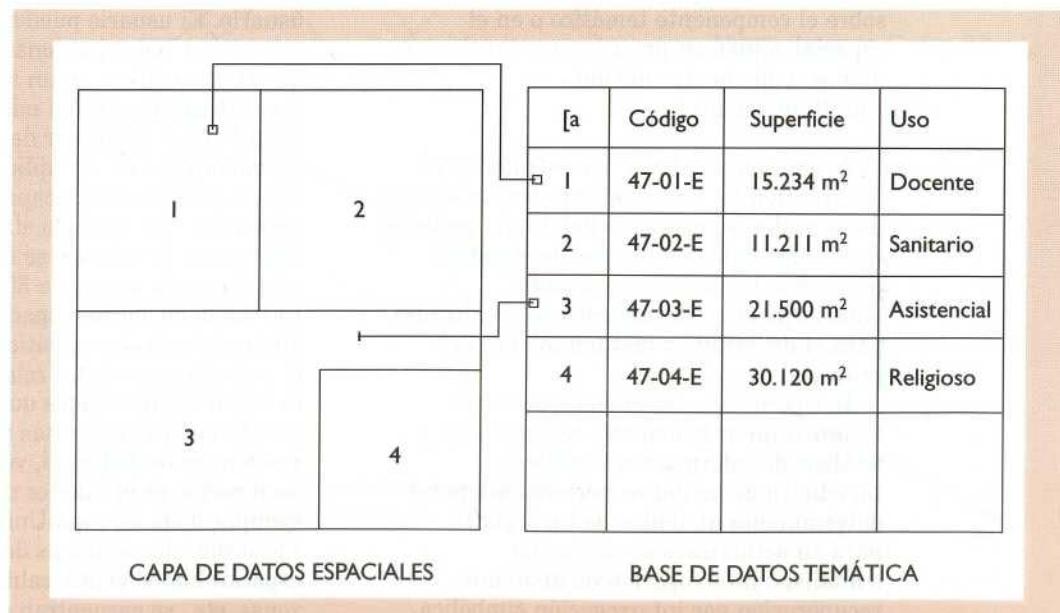


FIGURA 1. Modelo de dato georrelacional

5. LA INFORMACIÓN TEMÁTICA DE LOS DATOS

La base de datos se puede definir como una colección de uno o más ficheros de datos o tablas almacenadas de manera estructurada tal que las interrelaciones que existan entre diferentes campos o conjuntos de datos puedan ser utilizadas para su manipulación y recuperación. La forma más usual de representación de la componente temática de los datos espaciales es a través de una base de datos relacional. En el SIG del PGOU de Palma hemos utilizado una base de datos creada en Access 97. El modelo de datos relacional se estructura a partir de una serie de filas (registros) y columnas (campos); cada registro corresponde a un objeto espacial referido por un identificador que normalmente se define en la primera columna o columna principal (columna clave); así, las columnas representan los atributos asociados a cada objeto espacial.

6. OPERACIONES Y ANÁLISIS DE DATOS

Las operaciones que puede llevar a cabo el SIG con los datos son diversas, pudiéndose realizar independientemente sobre el componente temático o en el espacial, o bien en procesos que involucren ambos componentes del dato simultáneamente.

A. Entrada de datos: La entrada de la información ha sido realizada por un equipo de operadores encargado del dibujo vectorial de los elementos espaciales, mediante el programa de diseño mencionado anteriormente y las aplicaciones realizadas para el desarrollo y mantenimiento del proyecto.

B. Operaciones sobre la información temática (mantenimiento, recuperación y análisis de información temática): La edición de atributos permite recuperar determinados atributos de un registro para su actualización, corrección o análisis. Interrogación de atributos, recuperación por interrogación simbólica, análisis estadístico o filtrado de datos. Por ejemplo:

- Podemos editar los atributos de cualquier componente temático (calificación del suelo, equipamiento, espacio libre, catálogo)
- Interrogar por los atributos de un elemento especificado geográficamente: el equipamiento situado en una coordenada específica.
- Recuperación por un atributo específico: el equipamiento cuyo código está definido por 47-01P.
- Realizar cualquier análisis y cálculo estadístico de los atributos: calcular la superficie total ocupada en el Barrio X de las zonas urbanísticas calificadas como J2a.
- Filtrado de datos: mostrar en un color determinado los equipamientos sanitarios del barrio X cuya superficie sea mayor de 1000 m² y menor de 2000 m².

C. Operaciones sobre la información espacial (mantenimiento, recuperación y análisis de información espacial): Son las que se realizan sobre el aspecto espacial de los datos.

- Recuperación y selección de objetos espaciales por especificación de un dominio espacial o una condición geométrica, que consiste en la elección de una serie de objetos que pertenezcan a un cierto ámbito espacial establecido por el usuario. El usuario puede, por ejemplo, seleccionar todas las zonas industriales que se encuentren en un área especificada por él. Así mismo la recuperación puede ser de cercanía o vecindad y puede ser aplicable a una capa o bien entre distintas capas de datos espaciales. Por ejemplo, dado un punto, ¿qué zonas de servicio se encuentran a una distancia menor de 3000 m?
- Búsqueda de objetos espaciales en diferentes estratos temáticos: consiste en la especificación de las relaciones existentes entre objetos que se encuentran en diferentes capas; estas relaciones pueden ser de distancia, vecindad, localización en el interior de... y otras. Por ejemplo, dada un capa-Unidad de Ejecución ¿que sistemas de equipamientos, espacios libres, viales, calificaciones de zonas, etc., se encuentran en el interior de ella? Esta búsqueda puede llevar a interesantes análisis intercapas como el

cálculo de la superficie ocupada por los espacios libres, equipamientos, etc., en el interior del ámbito.

- Edición de los elementos gráficos para la corrección y actualización de los datos espaciales, siendo posible reubicar, eliminar o introducir objetos nuevos en capas existentes.

*D. Operaciones que integran las componentes espacial y temática de los datos en un mismo proceso
(superposición, operaciones de vecindad y conectividad).*

- En la función de *superposición* de polígonos se distinguen dos aspectos: la superposición espacial de los objetos y el resultado temático producto de la intersección. En el caso de superposición de dos o más capas de polígonos, el resultado será una nueva capa de polígonos con sus atributos relacionados

procedentes de las originales. Esta función es de fundamental importancia ya que se pueden realizar en el mismo proceso operaciones sobre los atributos temáticos de los objetos espaciales. Es en este tipo de procesos donde se pueden generar nuevos datos a partir de los originales. Por ejemplo: tenemos una parcela representada por un polígono, con atributos (número parcela: 1312507, superficie, etc.) y varias zonas de calificación urbanística (**1.** Código B3x, superficie; **2.** Código B7a, superficie, **3.** ...), podemos obtener uno o varios elementos espaciales delimitados por un nuevo polígono con nuevos atributos temáticos (**1.** Código B3x, número parcela: 1312507, nueva superficie: 112 m²; **2.** Código B7a, numero parcela: 1312507, nueva superficie: 277 m²). De esta forma, a partir de los nuevos datos podríamos calcular la calificación real de la parcela, así como su superficie total edificable real).

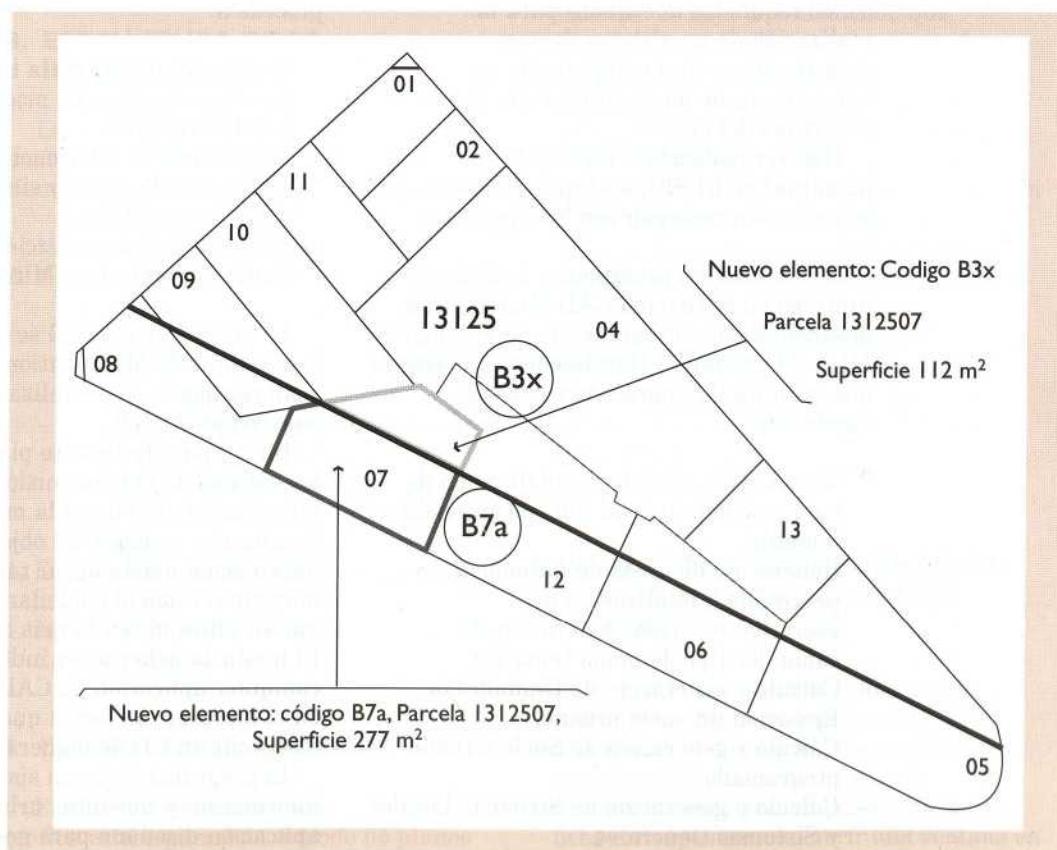


FIGURA 2. Función de superposición

- Las *operaciones de vecindad* consisten en evaluar las características de los objetos vecinos de uno o varios específicos. Esto se realiza especificando un tipo de objeto espacial con un atributo conocido (por ejemplo, el equipamiento docente 29-01-E, Colegio Público Son Serra); entonces se determinan cuántos y cuales objetos de esa (o de otra) capa se encuentran en su interior o colindan, se intersecan o coinciden. Así como también es posible realizar búsquedas definiendo distancias alrededor de los objetos definidos. Por ejemplo, determinar los espacios libres (polígonos) localizados a menos de 200 metros del mencionado Colegio.

7. OBJETIVOS CONCRETOS

Se inicia la fase de análisis de lo que debería ser un Sistema de Información Geográfica para el mantenimientos del Plan General. En esos momentos no se dispone de los requisitos adecuados para la realización de un sistema de esas características al no disponer de un hardware ni de un programa que facilite el desarrollo del mismo.

Una vez realizado el estudio de planificación del SIG, los objetivos básicos que se pretenden conseguir son los siguientes:

A. Realizar un programa a medida que funcione en el sistema CAD Microstation, desarrollándolo íntegramente en el lenguaje MDL (Microstation Development Language) que permita las operaciones básicas siguientes:

- Vinculación, edición y visualización de toda entidad espacial con su contenido temático.
- Generación de áreas de influencia, proximidad, localización por georreferenciación, generación de cualquier tipo de mapa temático.
- Cálculo y generación de Unidades de Ejecución un suelo urbano.
- Cálculo y generación de Suelo Urbano programado.
- Cálculo y generación de Sistemas Locales y Sistemas Generales.
- Generación de informes de todas las entidades básicas.

- Generación automática del tramo, *patterneado* y realización de ficheros raster de cualquier entidad mediante previa consulta SQL.
- Generación de mapas temáticos según procedimientos almacenados en el SGBD.
- Cálculo de la ordenación de las parcelas por áreas de influencia a través de consultas SQL: calificación, superficie de suelo, superficie total edificable, número de viviendas, etc.
- Desarrollo de un modulo para facilitar la salida y generación de los planos. Este se encarga de realizar automáticamente mediante previa configuración modificable y almacenable del tramo, *patterneado*, cambio de simbología, generación y montaje de carátulas y vinculación de ficheros de referencia por hojas UTM 500,1000,5000 y 10000, así como el proceso de *plotteado* de los mismos.

B. A partir de los objetivos previstos se procede a:

- Realizar el diseño de la base de datos temática a partir del modelo básico entidad-relación.
- Estructurar la información espacial (definición de capas y simbología de todas las entidades).
- Desarrollo de la aplicación SIG para su funcionamiento bajo Microstation.

La aplicación del SIG se desarrolla para la versión 4 de Microstation para MS-DOS y posteriormente se actualiza a la versión SE para Windows NT.

En octubre de 1998 se plantea la posibilidad de la transmisión de la información del Plan a la mayor cantidad de usuarios posibles. El objetivo es que la información pueda llegar tanto al técnico municipal como al ciudadano, de manera que su difusión sea lo más completa posible. El producto debería ser independiente de cualquier aplicación de CAD o GIS existente en el mercado, de forma que se pudiera distribuir en CD de manera independiente.

El programa sería un sistema de información y consultas urbanísticas, aplicación diseñada para gestionar la información gráfica y escrita que hasta ese día se venía desarrollando.

Para ello se estudia la posibilidad de desarrollar la aplicación en el lenguaje Java para que pueda ser ejecutada en la mayor parte de plataformas posibles.

A la finalización de la primera versión (mayo 1999) la aplicación es probada de manera óptima y eficiente en 2 plataformas:

- Windows 95, 98, NT (x86)
- Solaris

(La máquina virtual Java debe cumplir la especificación 1.2 de Sun MicroSystems)

Requisitos de Hardware:

- Configuración mínima: Pentium II 233 Mhz, 64 Mb RAM.
- Configuración recomendada: Pentium II 350 Mhz o superior, 128 Mb RAM.

8. ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN

La información se desarrolla con la misma organización que la del Plan General, en:

1. Memoria
2. Normas Urbanísticas
 - Unidades de Ejecución en Suelo Urbano
 - Actuaciones en Suelo urbanizable
 - Fichas de Sistemas
 - Catálogo de edificios y elementos de interés histórico, artístico arquitectónico y paisajístico.
 - Catálogo de Centros de Interés cultural
3. Estudio económico financiero y programa de actuación
4. Información gráfica
5. Equipo redactor

9. INFORMACIÓN GRÁFICA

El acceso a la información gráfica está organizada a modo de planos guía a través de coordenadas universales UTM.

- Plano Guía 1:500
- Plano Guía 1:1000
- Plano Guía 1:5.000
- Plano Guía 1:10.000

El plano guía es visualizado en una ventana del sistema en un formato vectorial.

La representación visual puede ser manipulada a través de un sencillo navegador vectorial en el que disponemos de las siguientes funciones de zoom de imagen:

- acercar x2
- alejar /2
- área de ventana
- centrado de vista
- ajuste vista global

Por medio del ícono de identificador de elemento del navegador podemos localizar la hoja de ordenación que deseamos manipular para su posterior visualización y tratamiento. La hoja seleccionada es cargada en otra ventana aparte, en la que podemos movernos por medio de la paleta de navegación. El sistema puede visualizar cualquier hoja en diferentes ventanas y trabajar en ellas de manera independiente (el número de ventanas está limitado por la cantidad de memoria del sistema).

Cualquier entidad urbanística puede ser localizada e identificada gráficamente para poder acceder a la información asociada a ella y obtener la ficha urbanística.

10. ACCESO A LA INFORMACIÓN A TRAVÉS DE CONSULTAS SQL

Se puede acceder a la información urbanística atacando directamente a la base de datos del sistema mediante consultas SQL. Una vez localizado el elemento requerido se puede obtener su ficha correspondiente o abrir una ventana en la que visualizaremos su representación vectorial.

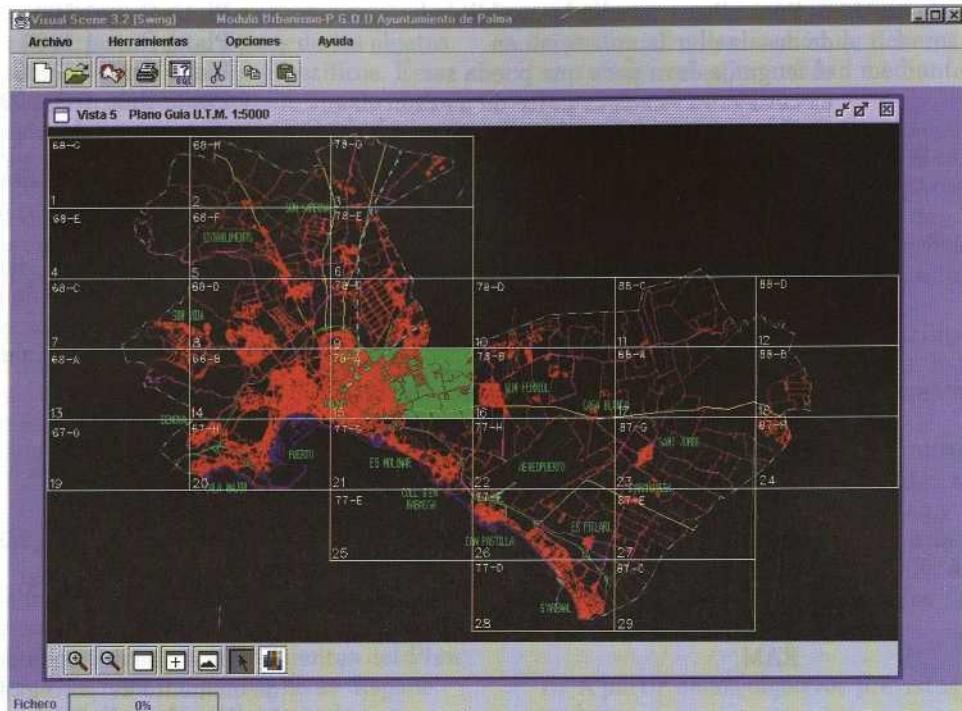


FIGURA 3. Plano Guía

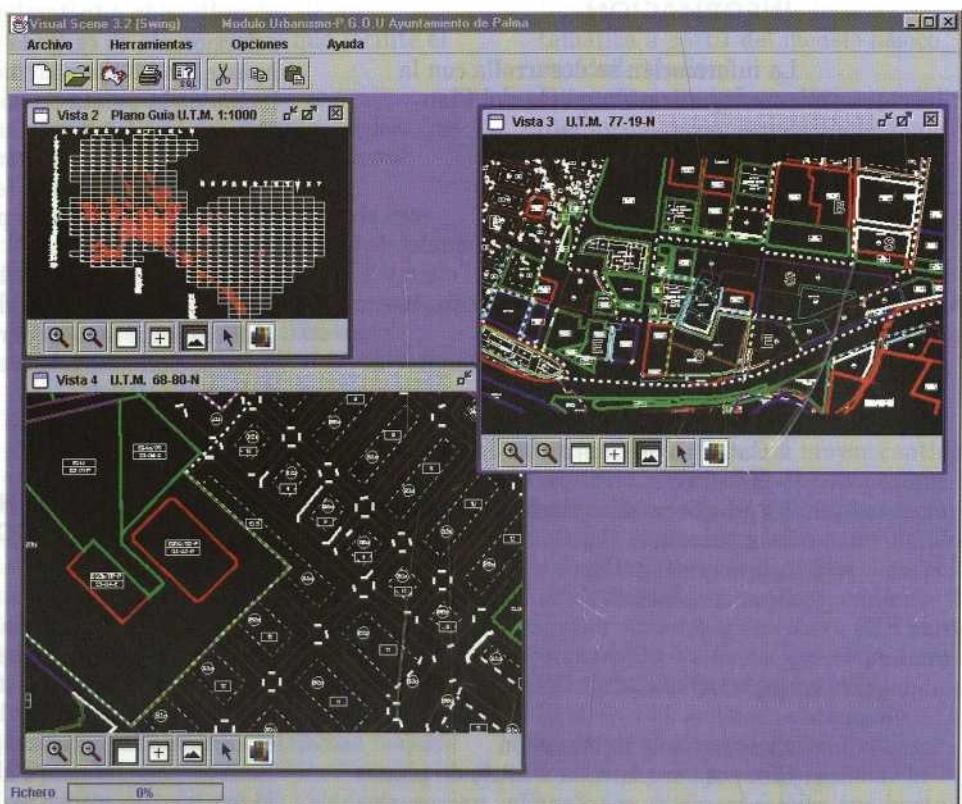


FIGURA 4. Vistas de suelo urbano

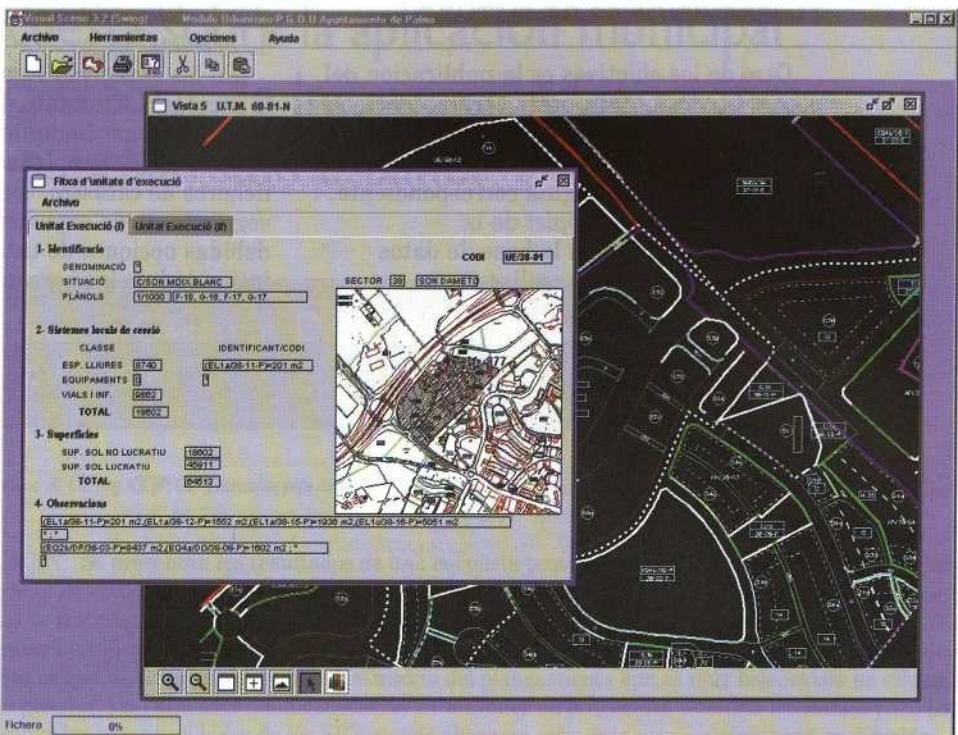


FIGURA 5. Generación automática de fichas

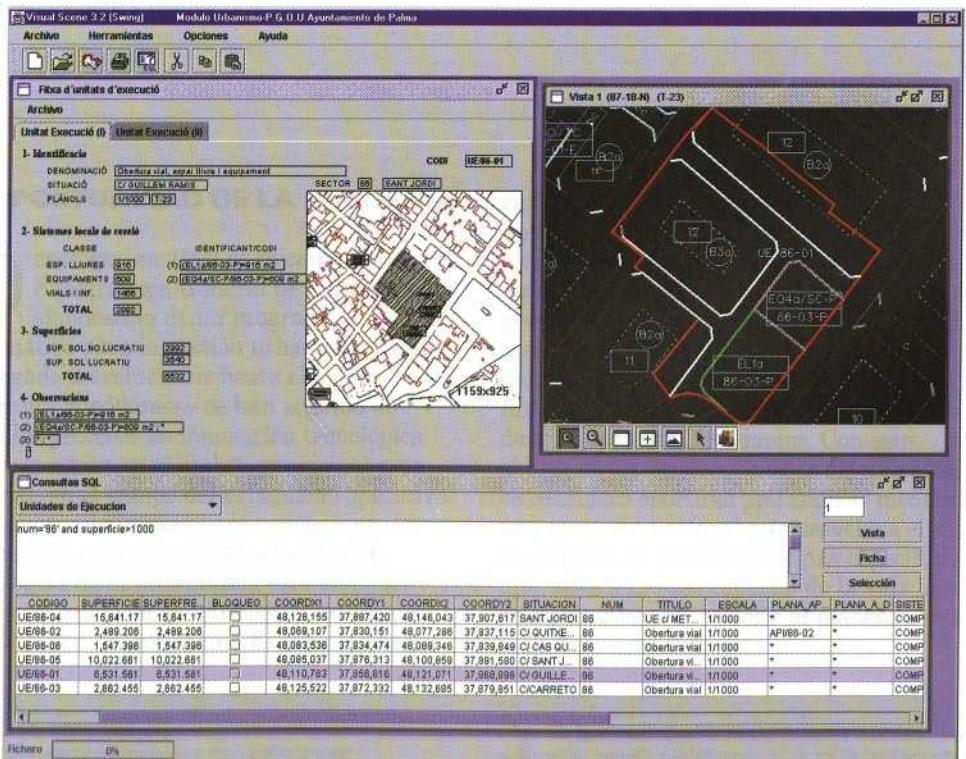


FIGURA 6. Consultas de equipamiento

II. PREVISIONES DE FUTURO

Otro de los objetivos es la publicación del plan a través de Internet y por una parte se está trabajando en una aplicación cliente que se podrá distribuir en CD o bajarlo directamente de la página correspondiente, así como la versión *Applet* de la aplicación. El acceso a la base de datos espacial y temática se realizará por

el lado del servidor a través de *Servlets*.

En las sucesivas versiones se ha previsto la incorporación tanto de la cartografía del Término, como cualquier otra base de datos, ya sean los de propiedad que figuran en los ficheros de catastro, como los de seguimiento de expedientes, etc., con las debidas opciones de usuario que protejan la intimidad de las personas.

FIGURA 1. Cuadros de elaboración de la red
LIBRARIA 3. Cuadros de elaboración de la red