

# Sistema de Información Geológico-Minero con capacidad de visualización SIG<sup>1</sup>

P. Fernández, P. Álvarez, M.A. Latre, R. Béjar, J. Zarazaga, Muro-Medrano<sup>2</sup>

*Grupo IAAA*

*Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas*

*Centro Politécnico Superior, Universidad de Zaragoza*

*María de Luna 3, 50015 Zaragoza*

*<http://diana.cps.unizar.es/iaaa>*

## 1. Introducción

Los avances que se están produciendo en los últimos tiempos en la tecnología del software están permitiendo la integración en las aplicaciones de interesantes posibilidades de acceso y visualización de la información, a unos precios realmente competitivos. Un dominio donde esto está creando cierto impacto lo constituyen aplicaciones en las que se manipula información georeferenciada, a los que es posible añadir capacidades para mostrar esta información de forma gráfica, lo que le proporciona al usuario una gran cantidad de información en un formato. Dentro de este contexto de trabajos se presenta aquí un Sistema de Información Geológico-Minero en el que se consiguen prestaciones y características de amigabilidad realmente importantes con unos costes de desarrollo y uso de licencias muy competitivos.

El desarrollo de software que aquí se describe tiene por objeto la integración en un único sistema de información de la cartografía geológica, los derechos mineros, las bases de datos e inventarios de explotaciones disponibles por la Administración Pública, así como la información directamente obtenida sobre el terreno para los aprovechamientos activos más destacados. El sistema dispone de aplicaciones de usuario y enlaces con otros archivos geológico-mineros que permiten, de manera autónoma, la consulta y actualización de datos. El sistema está enfocado a su uso por Comunidades Autónomas organizadas con un organismo central que lleva la responsabilidad pero que se nutre y da servicio a los distintos servicios provinciales. La implantación se lleva a cabo sobre ordenadores personales de tipo compatible, existentes en las oficinas de las Administraciones Públicas.

El resto del trabajo está organizado de la siguiente forma. Inicialmente se realiza una descripción del entorno operativo del sistema y se ilustra la arquitectura de la aplicación. A continuación se hace un repaso, tanto de los distintos componentes de gestión que acarrear la responsabilidad de la manipulación de las informaciones tabulares, como del componente de visualización GIS que se encuentra estrechamente vinculado con los anteriores. Se hace también un repaso por la arquitectura software de este visualizador que puede ser de interés para los lectores que realicen desarrollos similares. El trabajo termina con unas conclusiones inferidas a partir de nuestra experiencia.

## 2. Entorno del sistema

A diferencia de las aplicaciones (SIG) tradicionales y siguiendo las últimas tendencias en el desarrollo de Sistemas de información, nos encontramos con un sistema de información que debe ser capaz de recopilar, integrar y gestionar datos procedentes no sólo de un computador, sino de un conjunto de los mismos conectados a través de una red local.

La información alfanumérica y geográfica que compone el sistema va a estar sujeta a constantes cambios, que pueden provenir de uno cualquiera de los nodos, o del centro de gestión principal. La existencia de una red local que comunica la Administración central con cada una de las

---

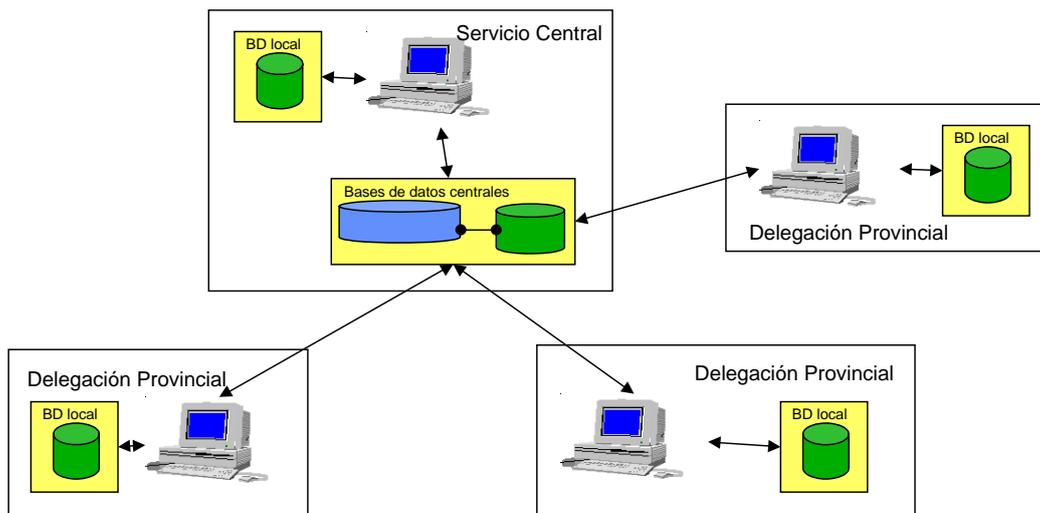
<sup>1</sup> **Agradecimientos:** El desarrollo de la tecnología básica de la que se ha partido para la realización de este proyecto ha estado parcialmente financiado a través del proyecto TIC98-0587 de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y por el CONSI+D de la DGA mediante el proyecto P-18/96

<sup>2</sup> Autor a quien debe dirigirse la correspondencia. {pmuro@posta.unizar.es}

administraciones locales hace posible pensar en un esquema distribuido de aplicaciones, donde existe una base de datos conjunta situada en el nodo central.

Tomando en cuenta los requisitos se ha optado por utilizar una arquitectura cliente-servidor [3]: Cada uno de los nodos cliente en los que se ejecuta la aplicación se comunica a través de la red interna con el servidor de información central. El servidor es responsable de gestionar las peticiones de lectura y escritura de la información minera de carácter administrativo, así como de los registros geográficos que representan sobre el mapa la situación de los elementos.(Fig 1);

Completan el sistema de información diversas coberturas geográficas (rios, poblaciones, cuadrículas mineras, hidrografías, hidrometrías) que el usuario necesita a la hora de localizar emplazamientos geográficos o al realizar informes. Con el objetivo de minimizar el tráfico por la red y debido a la poca variabilidad que presentan, estas coberturas se almacenan localmente en cada nodo, al contrario de aquellas que se integran en el sistema propiamente dicho



**Figura 1: Arquitectura hardware**

Esta arquitectura refleja de forma natural la jerarquía administrativa que se sigue en la Administración Pública de implantación del sistema. El nodo central correspondería a la sede central del órgano administrativo al que compete la gestión del sector minero dentro de la Comunidad Autónoma. Los nodos clientes se corresponden con cada una de las distintas delegaciones provinciales de dicho organismo.

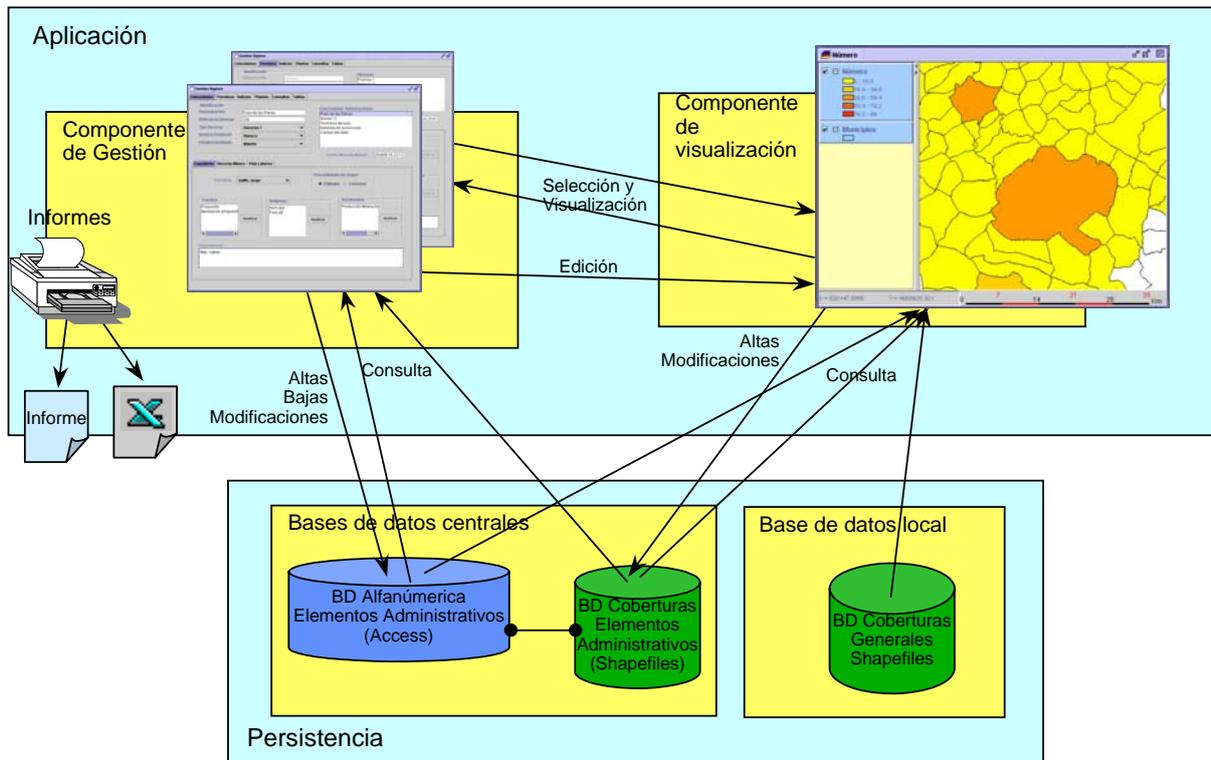
### 3. Arquitectura de la aplicación

La aplicación se ha dividido en dos partes claramente diferenciadas (figura 2): un componente de gestión destinado a la inserción consulta y modificación de la información alfanumérica, y otro de visualización GIS, basado en MapObjects y dependiente del primero, cuya función es la de visualización y modificación de la información geográfica.

El componente de gestión ofrece las típicas operaciones que se exigen de un sistema de información tradicional. Se ocupa principalmente de controlar el acceso a la base de datos administrativa gestionando la inserción, modificación y consulta de la información geológico-minera. La generación de informes impresos, o la ejecución de búsquedas de información a través de un mecanismo propio de consultas son otras de las opciones que completan el sistema de información en su parte tradicional.

El componente de visualización integra los aspectos genéricos de un SIG junto con los métodos de acceso y modificación de la información geográfica que necesita el componente de Gestión. Coordina la incorporación de la información de la base de datos de coberturas(en el formato de ESRI shapefile) de los elementos administrativos geológico-mineros, junto con las coberturas generales. El componente ha sido construido sobre MapObjects, incrementando sus capacidades SIG iniciales,

para permitir por ejemplo la edición interactiva de las de las coberturas y dotarlo de capacidad para la comunicación con el componente de gestión.



**Figura 2: Arquitectura de la aplicación**

El uso conjunto y la cooperación de los dos componentes principales del sistema facilitan al usuario la observación y modificación de la información geográfica asociada a la alfanumérica.

### 3.1. Componente de Gestión

El componente de Gestión permite la administración de la información general disponible acerca del Catastro Minero: Permisos, concesiones y autorizaciones mineras, con sus expedientes y sus derechos mineros, así como plantas de tratamiento, explotaciones, indicios, planes de labores e inventario de rocas y minerales industriales.

Al entrar en la aplicación, una vez superado el control de acceso (utilización de un nombre y una contraseña de usuario), se muestra automáticamente la ventana de Gestión minera. En se facilita el acceso a los módulos principales: Permisos, Concesiones/Autorizaciones, Plantas, Indicios (todos ellos correspondientes a informaciones del Catastro Minero), Consultas y Tablas.

Los módulos de Permisos, Concesiones/Autorizaciones, Plantas, Indicios permiten la administración de los elementos mineros que su nombre indica a través de una interfaz común, que puede verse en la figura 2: en la parte superior aparece un listado con cada uno de los elementos del módulo en cuestión, junto a la información esencial necesaria para identificar a cada uno de ellos. En la parte inferior aparece toda la información específica almacenada en la base de datos del elemento que se encuentra seleccionado. En el caso de los módulos de Permisos y Concesiones/Autorizaciones, dicha información se subdivide en Expediente, Derecho Minero, Planes de Labores y Explotaciones del Plan de Labores.

El usuario puede dar de alta o de baja nuevos elementos en la base de datos, modificar los ya existentes, o realizar búsquedas de información a través de un mecanismo propio de consultas. Estas operaciones se completan con la generación de varios tipos de informes impresos y el control de acceso son otras de las opciones que completan el sistema de información.

Concesiones | Permisos | Indicios | Plantas | Consultas | Tablas

Identificación

Denominación: Pozo de las Ranas

Referencia Derecho: 32b

Tipo Derecho: Definitivo

Servicio Provincial: Huesca

Estado Expediente: Abierto

Concesiones / Autorizaciones

Pozo de las Ranas

Arenal 13

Oromesa del pan

Autorización provisional

Campo del valle

Villamizar S. A.

Cumbre del Monte

Ochoa,Minquez

Fecha Última Actualización: 2/09/99 16:23:13

Expediente | Derecho Minero | Plan Labores

Solicitante: Guilló, Jorge

Procedimiento de Origen

Ordinario  Concurso

Trámites

Propuesta

Aprobación propue

Depósito

Defensa

Aprobación definiti

Propuesta

Imágenes

Aurín.jpg

Pozo.gif

Aurín.jpg

Pozo.gif

Aurín.jpg

Pozo.gif

Documentos

Producción Minera

Mining Industry: Pc

Geomorfología de

Placas tectónicas

Actas de la XLIX C

Producción Minera

Observaciones

Concesión Excepcional según se prevé en el artículo 7.1 del RD 390/1996, de 4 de abril  
Ligada al permiso "Fuentes del río" ref 2374C por el artículo 7.4 de dicho RD

**Figura 3: Componente de Gestión**

El módulo de gestión es también el encargado de interactuar con el visualizador geográfico facilitando al usuario la tarea de relacionar la información geográfica con los elementos administrativos. Algunas de las operaciones típicas consistirán en visualizar geográficamente el elemento minero seleccionado, imprimir un informe de tipo mapa, o modificar interactivamente las coordenadas que componen el punto o el polígono asociados al elemento.

Junto a estos módulos principales, se encuentran el de búsqueda y control y el de tablas. El módulo de tablas permite la actualización (altas, bajas y modificaciones) de informaciones no mineras asociadas a uno o varios elementos mineros, como puedan ser el directorio de personas (solicitantes, titulares o directores de un elemento minero) o la tabla de documentos escritos relacionados con los elementos mineros.

El módulo de búsqueda y control permite la identificación de elementos que cumplan una serie de restricciones (en el caso de los controles, las restricciones son de carácter temporal, acerca del cumplimiento o vencimiento de plazos establecidos), permitiendo su consulta y visualización tanto desde alguno de los módulos principales como desde el visualizador GIS y desde éste último, bien uno a uno o bien en conjunto.

### 3.2. Visualización GIS

El sistema de información geológico-minero mantiene una estrecha relación entre los datos tabulares y las coberturas con la información geográficas. El componente de visualización debe gestionar la información geográfica de la aplicación, permitiendo su adecuada presentación y facilitando el acceso a la misma. Este componente se ha desarrollado en base a la encapsulación de MapObjects en un módulo de visualización genérico que incrementa su capacidad GIS

#### 3.2.1. Componente genérico de visualización

La integración de información GIS en sistemas de información no es un tema nuevo, sino que tiene actualmente una gran demanda. Este hecho ha cambiado nuestra filosofía de desarrollo de este tipo

de aplicaciones. Existen una serie de funcionalidades GIS que son típicas a todos los sistemas, como pueden ser el manejo de distintas coberturas e imágenes, mecanismos de zoom, edición de elementos, dibujo de diversos símbolos etc, y que no siempre vienen soportadas por los sistemas comerciales.

En respuesta a esta necesidad del mercado y en vista a que las características de los sistemas de información que necesitan la integración de información geográfica son similares, se ha desarrollado un componente de visualización genérico basado en MapObjects, que incrementa las capacidades de este sistema comercial añadiendo las diversas funcionalidades, que sin ser tan típicas, han demostrado ser de uso general en los SIG.

El componente genérico desarrollado a demostrado su utilidad siendo utilizado tanto en el Sistema Geológico Minero como en otros sistemas de similares características. A continuación se muestran algunas de las capacidades que se han incorporado al módulo de visualización genérico:

- **Estructura MDI(Multiple Document Interface):** Se ha dotado al modulo de visualización con una estructura de aplicación de tipo MDI. Una aplicación MDI consta de varias vistas de la misma, manejadas desde una única barra de herramientas. Sólo una vista puede estar activa al mismo tiempo.

Todas las ventanas/vistas de visualización (*Openview*) contienen un objeto *OpenMapControl*, que hereda del *MapControl* de *MapObjects*, y que es el encargado de gestionar la visualización de mapas. Cada ventana o vista de la aplicación se engloba dentro de la ventana principal, u *OpenMainFrame*, que contiene también todas las herramientas de uso en la aplicación.

A través del canal de eventos [2], del que se habla posteriormente, las vistas emiten eventos de Foco al ser seleccionadas. Una herramienta que actúe sobre la vista activa deberá "observar" el canal de eventos y atender los eventos de foco que reciba, actualizando convenientemente el puntero a la vista activa

- **Interfaz gráfico:** Se ha desarrollado un conjunto de elementos que componen el interfaz de usuario y que permite usar el visualizador de forma genérica. El interfaz de usuario se compone de varias partes.

- **Configuración de dibujado:** A través de unos diálogos de configuración el usuario puede especificar gráficamente diferentes tipos de dibujado de elementos, que se aplicarán a las capas de visualización.

- **Edición de elementos:**

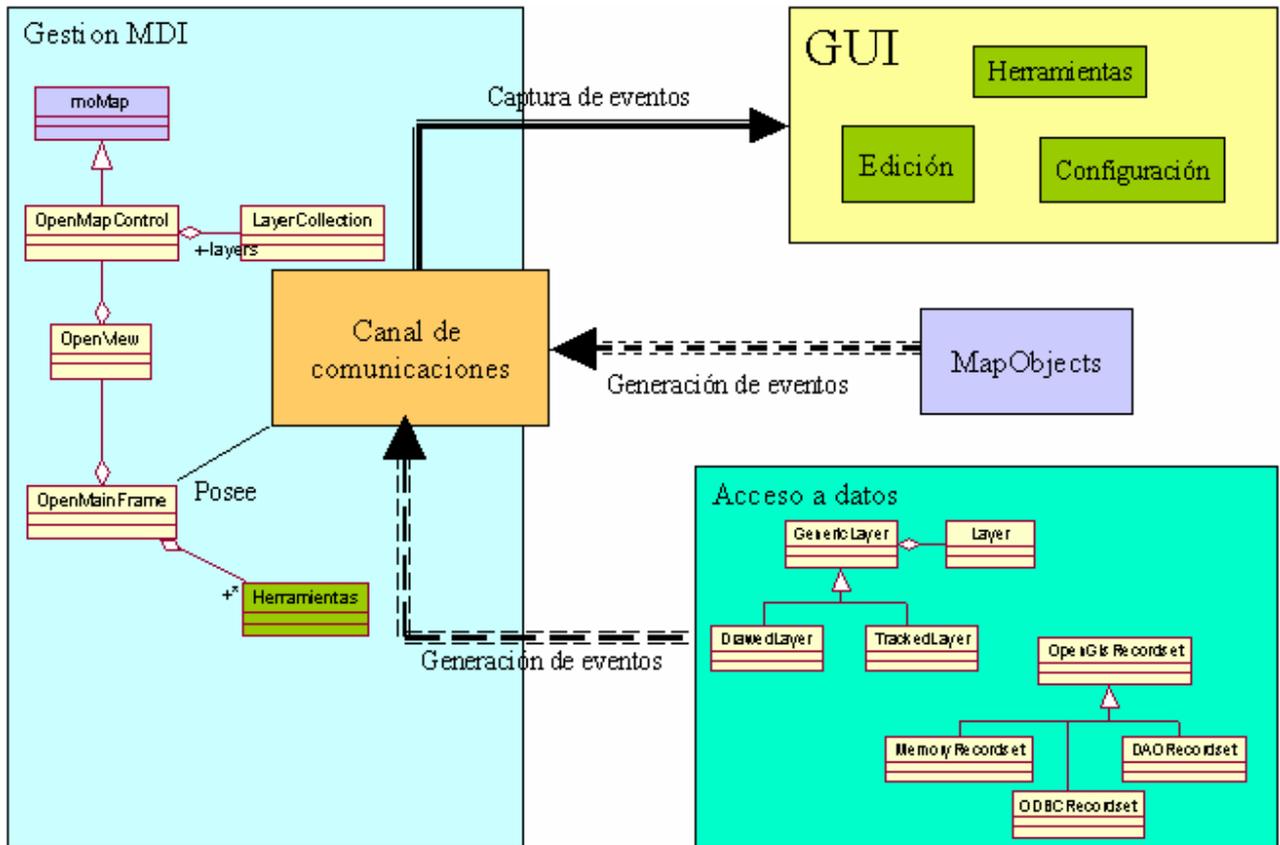
Mediante una sencilla barra de herramientas de dibujo, que forma parte de las *Herramientas* se facilita la tarea de inserción de elementos. Los nuevos elementos se delimitan mediante el ratón o a través de un diálogo de inserción que permite especificar directamente las coordenadas espaciales que componen el objeto.

El mecanismo de edición permite definir a su vez la información tabular que acompañará a cada elemento geográfico

- **Herramientas:** Se ha desarrollado un repertorio de herramientas en forma de módulos independientes y reutilizables que facilite la construcción de un entorno de trabajo específico para una aplicación. De esta forma se intenta que la integración de las nuevas herramientas sea trivial y no afecte al resto del sistema .

- **Toolkits y menus:** Corresponden a diferentes barras de herramientas y menús que contiene los métodos de acceso y manejo de la información. Las herramientas pueden ser insertadas fácilmente en cualquier aplicación
- El **RecordsetViewer.:** Muestra la información tabular asociada a los elementos resultantes de una selección.
- El **LayerManager** que permite gestionar gráficamente las coberturas que se representan en un mapa (las de *MapObjects* y las nuestras).

- El **ScaleBar** y el **StatusLine** muestran respectivamente la barra de escala que corresponde al mapa así como una barra de estado donde se pueden mostrar mensajes de funcionamiento.
- la ventana **Overview**, que visualiza en pequeño el mapa completo e indica el tamaño actual del mismo.
- El **QueryBuilder** construye preguntas genéricas que permiten seleccionar elementos a través de restricciones.



**Figura 4: Visión global del componente de visualización**

- **Capas de representación:** Sobre la capacidad inicial de representación se han añadido dos nuevos tipos capas de representación, compatibles con las actuales. Una de las capas proporciona el acceso a las nuevas fuentes de datos (`DrawedLayer`) y la otra se utilizan para facilitar el pintado de objetos móviles de diferentes características (`TrackedLayer`: útil en sistemas de seguimiento de vehículos)
- **Acceso a datos:** Nuevas clases para facilitar el acceso a fuentes de datos heterogéneas. Todas las clases construidas poseen la misma interfaz que la clase `RecordSet` de `MapObjects`, lo que facilita la integración con las ya existentes. Son estos nuevos tipos de `RecordSet` los que justifican la existencia de la clase `DrawedLayer`, que se encarga de su representación en pantalla. Esto es factible gracias al hecho de que todos los tipos de `RecordSet` comparten la misma interfaz genérica, representada por la clase `OpenGisRecordset`
  - la clase `ODBCRecordset` está especializada en el acceso a la información espacial contenida en una base de datos relacional a través de ODBC, que es una librería de Microsoft que permite el acceso a diferentes sistemas gestores de bases de datos relacionales a través de una misma interfaz. De esta forma, esta clase permite el acceso a información contenida en bases de datos ya existentes, sin tener que cambiarla de formato.

- la clase **DAORecordset** permite acceder al gestor de bases de datos Microsoft Access. Fue necesario desarrollar una clase especializada en Access, debido a algunos errores en el driver de ODBC para esta base de datos.
  - la clase **MemoryRecordset** tiene como función el mantener en memoria un conjunto de registros que no provienen necesariamente de una fuente externa y que no requieren persistencia.
- **Comunicación de elementos:**

Para cumplir con los objetivos propuestos, de independencia y facilidad de integración, hacía falta un mecanismo genérico de comunicación entre las distintas herramientas que permitiera el añadir o quitar herramientas sin necesidad de afectar al resto de los componentes de la aplicación. El mecanismo elegido fue un canal de eventos que es una variación del patrón de diseño sujeto-observador [2], en el que uno o más observadores "se suscriben" para ser notificados de cambios en el sujeto (elemento observado). Con este modelo un componente genera eventos en el canal, que reciben todos los observadores que han manifestado su interés. De esta forma el que genera un evento no tiene la necesidad de conocer a los otros componentes de la aplicación, y los observadores de estos eventos no tienen que saber nada de quien los genera, pues es el canal de eventos quien se encarga de la comunicación entre los componentes.

### *3.3. Integración del componente SIG en el sistema de información geológico-minero*

Cada uno de los módulos de que consta el componente de Gestión tiene relacionada información geográfica. Por ejemplo cada Concesión minera están representada por un polígono, que corresponde al área ocupada por dicha Concesión. A su vez las concesiones contienen varios Puntos de Explotación, representando los distintos lugares de excavación.

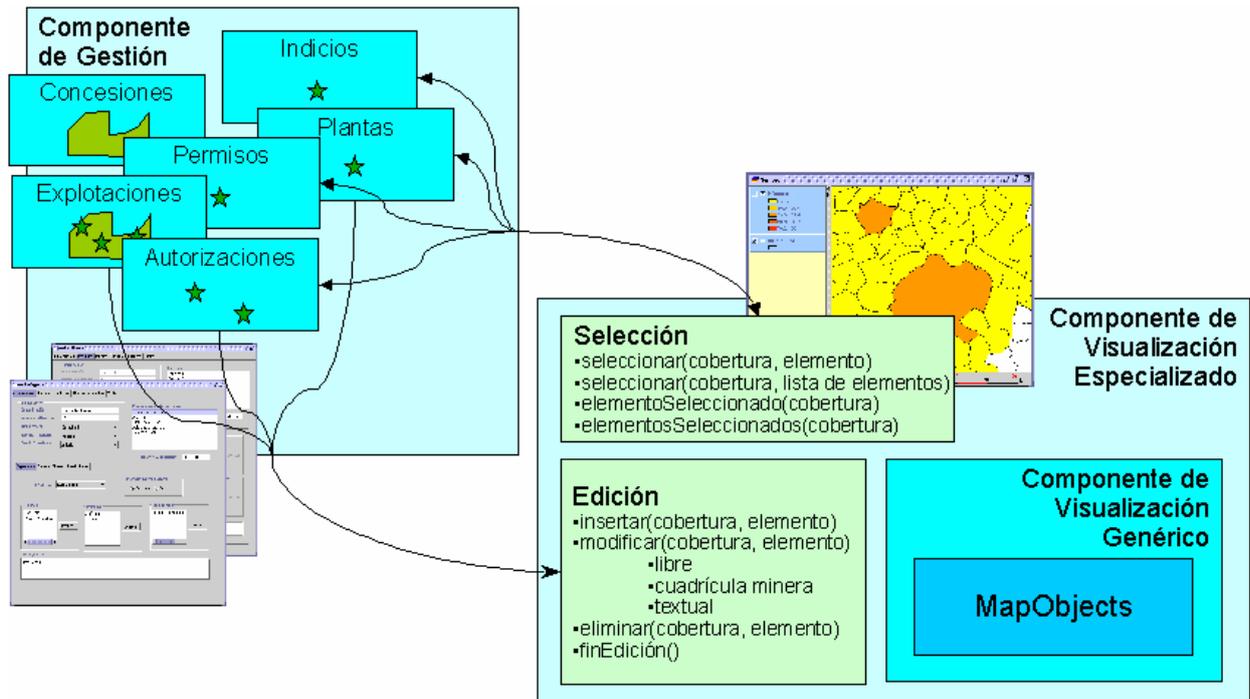
Un usuario debe poder acceder a la información geográfica relacionada con cada uno de los elementos de gestión, de manera que pueda obtener fácilmente la localización y características geográficas de algún elemento. La visualización de los elementos puede además complementarse con la adición de otras coberturas como hidrografía, mapa de materiales, poblaciones, etc, que ayudan al usuario a hacerse una mejor idea acerca de la disposición de los elementos mineros.

La integración de la información tabular del sistema de información geológico-minero y el visualizador GIS se lleva a cabo a través de un componente especializado. Este componente es el encargado de aislar al componente de visualización de las particularidades de la aplicación, para mantener la independencia y reusabilidad de éste. De esta forma se pueden desarrollar distintas aplicaciones que requieran visualización GIS, desarrollando la parte específica de la aplicación e integrándola con el componente de visualización.

El componente de integración se encarga de relacionar la información tabular sobre la que se trabaja en el componente del sistema de información y la información geográfica que muestra el visualizador. La relación que existe entre los dos módulos puede ser de dos tipos: de selección, o de modificación.

El mecanismo de selección es bidireccional, y permite tanto seleccionar elementos administrativos para obtener su representación geográfica, como al contrario, dado un polígono o punto localizado en una de las coberturas mineras, el sistema debe ser capaz de localizar su correspondiente información administrativa. La selección a su vez no se limita a un solo elemento, sino que utilizando el módulo de consultas que permite seleccionar varios elementos, se puede representar en el módulo de visualización con un color diferente aquellos elementos geográficos que se correspondan con la selección.

Para cada uno de los tipos de elementos mineros, existirá una cobertura geográfica asociada. El módulo de integración deberá encargarse de seleccionar la cobertura apropiada para cada tipo de elemento administrativo



**Figura 5: Interacción entre el componente de Gestión y el de Visualización**

La edición de elementos geográficos no sigue el mismo mecanismo de bidireccionalidad. Con el objeto de controlar la integridad de la información, la modificación o inserción de un elemento vendrá siempre dirigida desde el módulo de Gestión. Sin embargo, la edición de elementos no siempre se realiza siguiendo los mismos pasos, sino que el usuario tiene tres opciones para establecer el contenido de la información geográfica. El tipo de edición se selecciona desde el módulo de Gestión, y el integrador es el encargado de ocultar al usuario los métodos específicos que se utilizan del visualizador en cada caso. De este modo se consigue especializar el módulo de visualización adaptándolo a los requisitos de la aplicación, separando los métodos genéricos del componente, como la edición de elementos, de su utilización específica en una aplicación.

Los tres tipos de edición soportados son los siguientes:

1. Edición por coordenadas: El usuario teclea directamente las coordenadas que corresponden al objeto (Soportado por el visualizador genérico)
2. Edición con ratón: El usuario dibuja sobre el mapa el objeto (Soportado por el visualizador genérico)
3. Edición con cuadrícula minera: Este tipo de edición es específica del sistema minero. Se basa en la construcción de un polígono a través de la selección de cuadrículas mineras. Cada cuadrícula minera ocupa una zona determinada, que viene especificada en una cobertura geográfica.

Es misión del integrador aprovechar los métodos que proporciona el componente de visualización genérico para dar soporte a este tipo de edición

## 4. Conclusiones

La integración de información geográfica con la de gestión se presenta fundamental en la actual tendencia de desarrollo de sistemas de información. La capacidad de interrelacionar e interoperar los distintos tipos de información es uno de los requisitos buscados por los usuarios de los sistemas SIG tradicionales, que desean una mayor capacidad de sus sistemas.

Existen en el mercado potentes herramientas de manejo de información geográfica, como MapObjects, utilizada en este sistema. Sin embargo la integración de una herramienta SIG de este

tipo no resulta sencilla. Es necesario realizar un gran trabajo en la incorporación de la herramienta al sistema, dotándola de las capacidades específicas requeridas en el mismo.

El desarrollo de un soporte de visualización genérico fácilmente adaptable se presenta fundamental en la construcción de los sistemas SIG mixtos, donde se debe poder interactuar entre los dos tipos de informaciones. Es básico a su vez no contemplar la construcción de esta herramienta como objetivo de un solo proyecto, sino que debe ser financiada y compartida por proyectos de similares características al presentado.

El desarrollo software que se ha presentado tiene por objeto ser la herramienta básica de trabajo por parte del personal de una Comunidad Autónoma y se encuentra en estos momentos en fase de pruebas.

## 5. Bibliografía

[1] The OpenGIS Abstract Specification. Topic 11: Metadata

[2] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides. "*Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software*". Addison-Wesley Publishing Company. 1994.

[3] R. Orfali, D. Harkey, J. Edwards, "*The Essential Client/Server Survival Guide*". Wiley Computer Publishing. 1996.

[4] R. Hartman, "*Focus on GIS Component Software. Featuring ESRI's MapObjects®*". OnWord Press. 1997.