

Desarrollo de una Infraestructura de Datos Espaciales Ferroviaria basada en Software Libre

José Gómez Castaño ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Dirección de Tecnologías de la Información, Jefatura de Normalización y Nuevos Desarrollos ADIF, jgomezc@adif.es

RESUMEN

A la hora de poner en práctica un sistema que muestre en tiempo real información útil para la gestión de cualquier proceso, la georreferenciación de elementos y su uso por aplicaciones de gestión tradicionales se hace imprescindible. Por este motivo es necesario el desarrollo de una IDE que integre, la información geográfica junto a datos de gestión ferroviaria tradicional, como pueden ser la localización de incidencias, trabajos en la vía, posicionamiento de circulaciones, elementos relacionados con la circulación, etc. Este conjunto de información puede aprovechar las posibilidades que un IDE proporciona en cuanto a la publicación de servicios y consumo de otros proporcionados por otras organizaciones, como pueden ser capas de utilización del suelo, a la hora del estudio de riesgo de incendios forestales provocados por las circulaciones, la visualización de información de alertas meteorológicas, o la localización de accesos a puntos de plena vía. El uso de herramientas de código abierto y estándares, proporcionan la flexibilidad e interoperabilidad necesarias para llevar a cabo estas tareas. En el presente trabajo se presentan algunas líneas a seguir a la hora de poner en práctica un IDE que cumpla las necesidades de la gestión ferroviaria, más allá de un GIS tradicional, de acuerdo a estándares OGC.

Palabras clave: IDE, Ferrocarril, ADIF, SL, Girona.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha visto la necesidad de contar, en cualquier organización, con herramientas más ágiles que permitan la toma de decisiones teniendo en cuenta el mayor número de variables posible.

Este trabajo intenta identificar las actividades en las que una IDE puede aportar grandes beneficios a la hora de la toma de decisiones, y en el intercambio de datos entre diferentes aplicaciones, o entre diferentes organizaciones. Existen algunas leyes y reglamentos que obligan a esto.

La Ley del Sector Ferroviario (Ley 39/2003, de 17 de noviembre http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/l39-2003.html), hace referencia explícita a la “*Interconexión e interoperabilidad de las redes e intermodalidad de los servicios*”. Esto, unido al El Real Decreto 4/2010, de 8 de enero, por el que se regula el [Esquema Nacional de Interoperabilidad](#) en el ámbito de la Administración Electrónica y el Real Decreto 3/2010, de 8 de enero, por el que se regula el [Esquema Nacional de Seguridad](#) han sido publicados en el BOE con fecha 29 de enero de 2010. Según la [Ley 11/2007](#) (<http://www.boe.es/boe/dias/2010/01/29/pdfs/BOE-A-2010-1331.pdf>), ambos esquemas regulan de una forma integral todos los aspectos de la tecnología del sector público español que han de ser tenidos en cuenta a la hora de interoperar entre sus distintas partes, así como, también, con el ciudadano (personas físicas y jurídicas).

Como marco de publicación de la información y generación de los servicios, se debe adoptar la [DIRECTIVA 2007/2/CE](#) del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de Marzo de 2007 por la que se establece una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE). En cuanto al Sistema de Referencia, se debe seguir lo establecido en el Real Decreto 1545/2007 de 23 de noviembre *por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional*.

Este ordenamiento obliga a la administración ferroviaria a disponer de las herramientas necesarias para intercambiar datos sobre las actividades de tráfico con otras organizaciones.

Para responder a este requerimiento, es necesario que tanto los servicios proporcionados por nuestra IDE como el formato de datos, sea completamente interoperable. Para ello estos se deben basar en los estándares definidos por el Open Geospatial Consortium (OGC).

La elección de herramientas de código abierto, nos permite a las organizaciones, tener un control sobre el desarrollo de soluciones a medida. De esta forma podemos integrar fuentes de datos procedentes de diferentes estamentos y diseñar un entorno de usuario adecuado a las necesidades de cada caso. En este momento se encuentra en rediseño de este tipo de entornos.

Servicios a Implementar

La plataforma debe poder ofrecer servicios de datos tanto como consumirlos. Por este motivo se implementan los servicios WMS, WFS y WCS. Estos servicios son suficientemente conocidos y han sido comentados en diversos foros [La infraestructura de datos espaciales de España (IDEE): un proyecto colectivo y globalizado, Rodríguez Pascual y otros, Castelló 2006 III Jornadas Técnicas IDE], por lo que me centraré en las aplicaciones de los mismos a nuestra labor.

En la actualidad, la mayoría de soluciones se basan en la generación de mapas georreferenciado la información en formato GeoRSS y utilizando el API propietario de Google Maps. Siendo este un sistema bastante estético, no proporciona la funcionalidad requerida para una IDE al no implementar ninguno de sus servicios.

Soluciones tecnológicas seleccionadas

Para poder llevar a cabo los servicios que se han detectado, se han evaluado diferentes tecnologías dentro de las disponibles en el ámbito del software libre. En este sentido diferenciamos 2 categorías:

- Componentes GIS. Los destinados a la generación de los metadatos y datos geoespaciales.
- Componentes de publicación. Los utilizados para la publicación de los servicios

En el primer apartado se ha optado por gvSIG como herramienta GIS [<http://www.gvSIG.gva.es/inicio-gvSIG/>]. Esta es una herramienta lo suficientemente madura, con un soporte importante en la comunidad de desarrollo y con apoyo en las administraciones públicas. La versión utilizada es la 1.2, con las extensiones geoDB, Sextante, y extensiones de publicación.

Esta herramienta es útil en los siguientes aspectos:

- Importación de datos tabulares
- Exportación e importación de datos a las bases de datos geoespaciales.
- Generación y lectura de datos en formatos shapefile.
- Importación de servicios de otras IDE que proporcionan interfaces WMS.
- Georreferenciación de objetos

Para la publicación de los servicios se han utilizado las siguientes herramientas:

- Servidor GeoServer en su versión 2.0 [<http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>]. Proporciona la conectividad a los servicios y ofrece un medio de publicación de los datos de acuerdo a las especificaciones del OGC.

Este servidor se eligió por motivos de adaptación a la arquitectura instalada en la organización, basada en J2EE. Sin embargo, se han demostrado mejores características y facilidad de uso en el servidor MapServer [<http://mapserver.org/>], por lo que este último sería la opción definitiva.

- Base de Datos Oracle spatial. En ella se almacenan los datos espaciales de los puntos dispositivos de vía, líneas, estaciones, bifurcaciones, delimitación de zonas de afectación, etc.

También se han realizado experiencias con las extensiones espaciales de la base de datos MySQL y Post gis con buenos resultados. La elección de Oracle Spatial se basa en los requerimientos del Centro de Cálculo de la organización donde reside el sistema, al ser una aplicación corporativa.

- Para el intercambio de datos entre aplicaciones que deban contener información georreferenciada, esta debe estar formateada con el estándar GeorSS.
- En los casos en los que se tenga que desarrollar un interfaz de usuario que incluya un cliente ligero, la mejor opción evaluada es OpenLayers [<http://openlayers.org/>] Se han modificado algunas de sus funciones JavaScript básicas para adaptarlo a las necesidades de cada proyecto, como añadirle la posibilidad de layers de mensajes adicionales, cambio de iconos, personalización de conexiones con el WMS, etc.
- Para la securización de algunos accesos, se implementa una autenticación basada en LDAP

Para utilizar de forma eficiente las aplicaciones de gestión con la IDE se puede llevar a cabo la integración de dos maneras.

- Accediendo desde la IDE a las bases de datos que contienen la información de gestión (económica, tráfico, incidencias, etc) y georreferenciando esta.

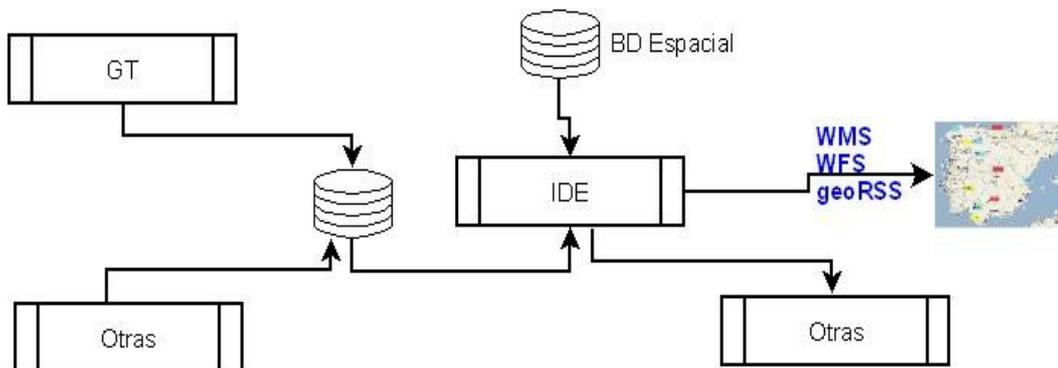


Figura 1. Estructura general

Se puede plantear una solución tradicional basada en la compartición de información desde la base de datos. La aplicación GT almacenará los datos que necesite compartir con otras aplicaciones en tablas accesibles a estas, aplicando los permisos adecuados a cada una de ellas. GT almacenaría los datos relativos a situación o movimiento de los trenes en una base de datos. Esta debe ser accesible a las aplicaciones que necesiten utilizar esta información. La IDE generará las capas cartográficas con esta información cruzada con la georreferenciada a partir del elemento común PSC, que tendrá su correspondencia en el IDE con su posición geográfica. Tendremos disponibles todas las características de integración por WMS, WFS y geoRSS. Las ventajas de esta solución son el aprovechamiento eficiente de la información generada en el GT por otras aplicaciones, evitar la duplicidad de información y reducción de costes, menor consumo de CPU y Almacenamiento

- Otra posibilidad consiste en utilizar Servicios Web o Colas y Topic MQ. En este caso los mensajes generados desde GT deben estar disponibles mediante formatos normalizados, usando un XML. Para asegurar la normalización se deben usar esquemas XSD consensuados y accesibles a las aplicaciones que deban utilizarlos. Los mensajes estarán disponibles para la IDE y el resto de aplicaciones que los necesiten a petición. La aplicación GT no tiene que avisar al resto en ningún caso.

Con estos métodos se desacopla, es decir, se independiza totalmente cada una de las aplicaciones que utilizan datos de GT de la propia gestión del tráfico, manteniendo toda la potencia de la información en tiempo real, sin tener que duplicar información. Con el uso de Servicios Web es además posible la comunicación SOAP con aplicaciones situadas fuera de la intranet de la empresa, utilizando protocolo SOAP. Esto permite intercambiar información con otros sistemas de información de otras empresas.

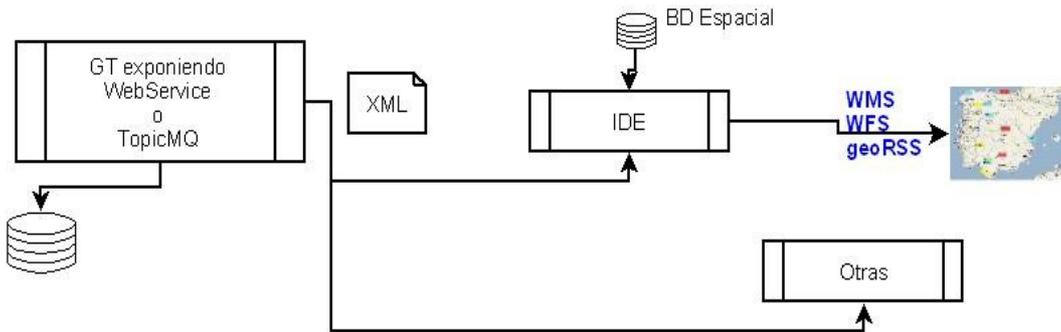


Figura 2

En este caso se trata de aprovechar una arquitectura basada en Servicios Web (SOA), mucho más barata y fácil de implementar y gestionar que otras. Esta tecnología ha sido ya explicada en el manual del curso. Existe la posibilidad de implementar Servicios Web en casi cualquier lenguaje de programación. En GT se implementaría uno o varios Servicios Web. A este, las aplicaciones que lo necesiten, solicitarían la última situación o movimiento de una circulación, u otra información que se consensúe.

En la IDE debemos implementar el cliente del servicio que haga la petición de los mensajes. Estos no tienen porqué ser almacenados en este entorno, ya que siempre están disponibles en tiempo real. Esta información sería cruzada con la georreferenciada a partir del elemento común PSC, que tendrá su correspondencia en el IDE con su posición geográfica.

Las ventajas de esta solución son :

- Aprovechamiento eficiente de la información generada en el GT
- Evitar la duplicidad de información
- Facilidad de implementación
- Posibilidad de ofrecer los mensajes a través de SOAP a otras empresas
- Reutilización de los mensajes generados desde GT por otras aplicaciones
- Reducción de costes, menor consumo de CPU y Almacenamiento

Funciones implementadas

A continuación se describen las funciones a las que puede dar solución una IDE de estas características. Algunas de ellas ya se han puesto en marcha y otras están en proceso de estudio y ejecución:

- *Posicionamiento de circulaciones.* Es la funcionalidad más demandada. A partir de las aplicaciones de gestión de tráfico, se trata de geoposicionar cada circulación en un momento dado. En un momento determinado se pueden situar sobre el mapa los trenes, distinguiéndolos por su color y ofreciendo información sobre su retraso, composición, operador al que pertenecen, y toda la información relativa al mismo que se necesite. Especial mención tienen en este sentido el seguimiento de circulaciones con mercancías peligrosas, para una aplicación efectiva del RID.

Los sistemas de tráfico en tiempo real, Sistemas Operacionales, vuelcan la información a un sistema paralelo donde se consolidan los datos en un data Warehouse. La forma de publicar este posicionamiento es por medio de una aplicación ligera basada en OpenLayers que consume un servicio WMS con la base cartográfica con las líneas férreas. La posición de las circulaciones se envía en formato GeoRSS y la imagen se compone.

Existen en otras empresas ferroviarias proyectos que llevan a cabo esta representación, pero no se conoce ninguno en el que se integre dentro de una IDE, siendo un GIS tradicional.

- *Posicionamiento de elementos de vía.* Existe una gran variedad de elementos ferroviarios susceptibles de ser posicionados. Estos elementos pueden dividirse en:
 - Elementos puntuales como el punto de inicio y fin de un túnel o un puente, la ubicación de una señal, una bifurcación, un cambio de rasante, el inicio de una curva. Estos se almacenan como puntos.
 - Elementos lineales, como la línea férrea en sí. Estos son almacenados como líneas.
 - Zonas geográficas, como la división administrativa de Delegaciones, Jefaturas, ámbito de actuación frente a incidencias. Estos se almacenan como polilíneas.

Para identificar cada uno de estos elementos susceptible de georreferenciar, se define un Nomenclátor que está disponible a través de un servicio WFS.

Para los elementos ya existentes, la Georreferenciación se hace utilizando GvSIG. Sobre la base cartográfica proporcionada por las capas Base del IGN y su localización sobre las ortofotos de PNOA, se procede a determinar las posiciones de cada uno de los elementos seleccionados. Posteriormente, estas son introducidas en la base de datos espacial. Adicionalmente se construyen mapas temáticos exportando esta información a formato shapefile o directamente extrayéndolos de la base de datos.

Para nuevas instalaciones, debería incluirse una cláusula en cada pliego de condiciones en la que se responsabilice a la empresa adjudicataria de contribuir a la base de datos de elementos. Para ello debería aportar la posición geográfica de los elementos instalados con la precisión requerida en cada caso, en la mayoría, llevada a cabo con GPS centimétricos.

Actualmente se ha elaborado un conjunto de datos que permiten tener georreferenciados el 100% de los llamados Puntos de Paso de Control, puntos de control de paso de las circulaciones, el 85% de las estaciones, y bifurcaciones, el 100% de los ámbitos territoriales y el 40% de los puntos en los que existe un cambio de rasante, inicio o fin de curva o inicio y fin de túnel. En este sentido, habría que trabajar en una mejora de las posiciones obtenidas para estos últimos puntos.

- *Localización de Incidencias y Puntos Negros de Accidentalidad.* A partir de la información recopilada por las aplicaciones de gestión de incidencias, se publican varios mapas indicando la localización de incidencias. Estos se pueden dividir en informaciones en tiempo real, con indicación de la afectación o criticidad, y las de localización de Puntos Negros. Esta última selección se realiza a partir de unos criterios que filtran la información a representar. En este caso tenemos otro caso en el que la información de las aplicaciones de

gestión se publica en formato GeoRSS y se representa sobre un mapa base seleccionable en un cliente ligero. El objetivo de esta aplicación es ofrecer información en tiempo real de la localización de incidencias para poder actuar sobre ellas. En principio, los datos se han generado en formato GeoRSS, lo que lo permite integrarse con otras tecnologías, en este caso publicada sobre cartografía Google Maps.

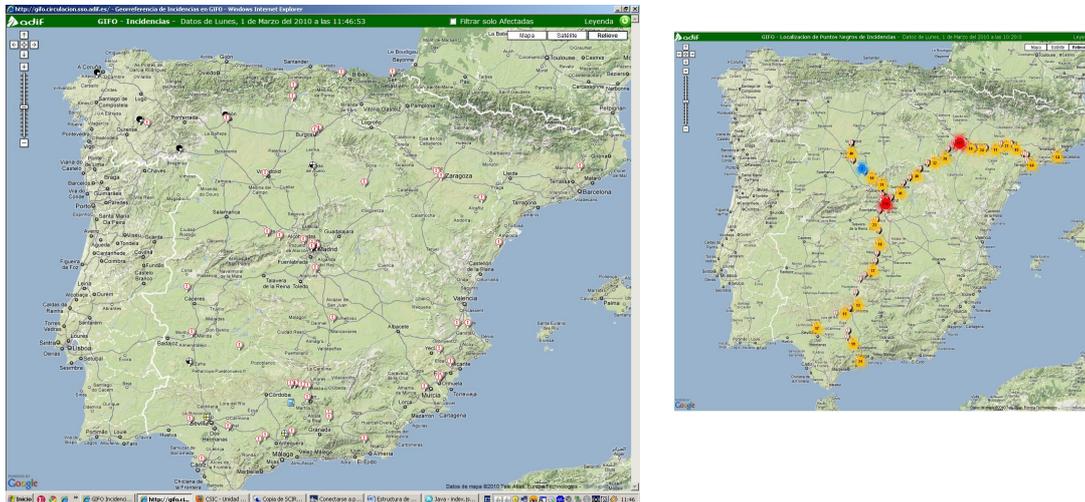


Figura 3. Localización de incidencias y Puntos Negros de Accidentalidad

Esta aplicación es de vital importancia, ya que cuando se produce una incidencia, es posible, haciendo zoom sobre la misma, obtener información rápida de las vías de acceso al lugar por carretera, y poder movilizar los medios necesarios para subsanarla sobre el terreno. Se está implementando esta funcionalidad sobre dispositivos móviles.

- **Localización de trabajos.** De la misma manera que las incidencias afectan al tráfico ferroviario, es necesario localizar dónde y cuándo se están llevando a cabo trabajos en la infraestructura. Esta información se debe representar de la misma forma. En este proceso es posible la mezcla de diferentes capas cartográficas procedentes de la base ferroviaria y otras fuentes, como las zonas de protección natural, parques naturales, o la capa CORINE de ocupación del suelo, con vistas a la planificación de trabajos.
- **Identificación de alternativas de tráfico.** Este es uno de los proyectos abiertos que permitiría la elección de rutas alternativas cuando sucede una anomalía en el tráfico programado. A partir de lo previsto por las aplicaciones de planificación y las incidencias acaecidas, se calcula la ruta alternativa para ayudar a la gestión.
- **Mapas temáticos.** Es en este apartado donde se está desarrollando el mayor esfuerzo. Estos se construyen integrando datos ferroviarios e información procedente de otras fuentes. Los datos ferroviarios básicos, se utilizan como capas básicas en el IDE, para dar soporte al resto de información que se quiera localizar en su entorno. Así se pueden definir las capas básicas de Líneas, Estaciones y Bifurcaciones, Delegaciones Administrativas, Tipos de Bloqueo, Tipos de líneas por Tráfico. Esta cartografía debe estar disponible a través del servicio WMS y sus datos consultables por medio del interfaz WFS. La cartografía ad-hoc se produce consumiendo estos servicios desde gvSIG

junto a otras fuentes externas, lo que permite la creación de mapas personalizados para algunas

- **Publicación de información meteorológica.** Actualmente se recibe información de alertas meteorológicas procedente de la AEMET. Un nuevo proyecto dentro de la IDE sería la representación de esta información sobre las capas ferroviarias. En tiempo real se localizarían las alertas para proceder a una actuación sobre el tráfico en tiempo real
- **Prevención de incendios.** Este es un proyecto nuevo. Para la prevención de incendios en épocas estivales, se puede preparar una cartografía que conjugue las capas ferroviarias con las de ocupación del suelo y pendiente del IGN. De esta manera se puede observar qué tipo de vegetación existe en las zonas colindantes a la infraestructura ferroviaria y actuar de forma preventiva sobre las que presenten mayor nivel de peligro de incendio.
- **Georreferenciación de datos económicos.** Una de las utilidades de este IDE es aportar una visión diferente a los datos económicos, mostrándolos de forma geográfica. En este sentido, se desarrolla una aplicación cliente basada en OpenLayers. Se utiliza como base las capas cartográficas ferroviarias básicas y se integran con información económica que se georreferencia a partir de los datos espaciales de la base de datos, en este caso inversiones, para hacer un seguimiento de su estado a nivel geográfico. Con un código de iconos se muestra el estado de cada una. De esta forma es fácil determinar dónde se encuentran los retrasos.

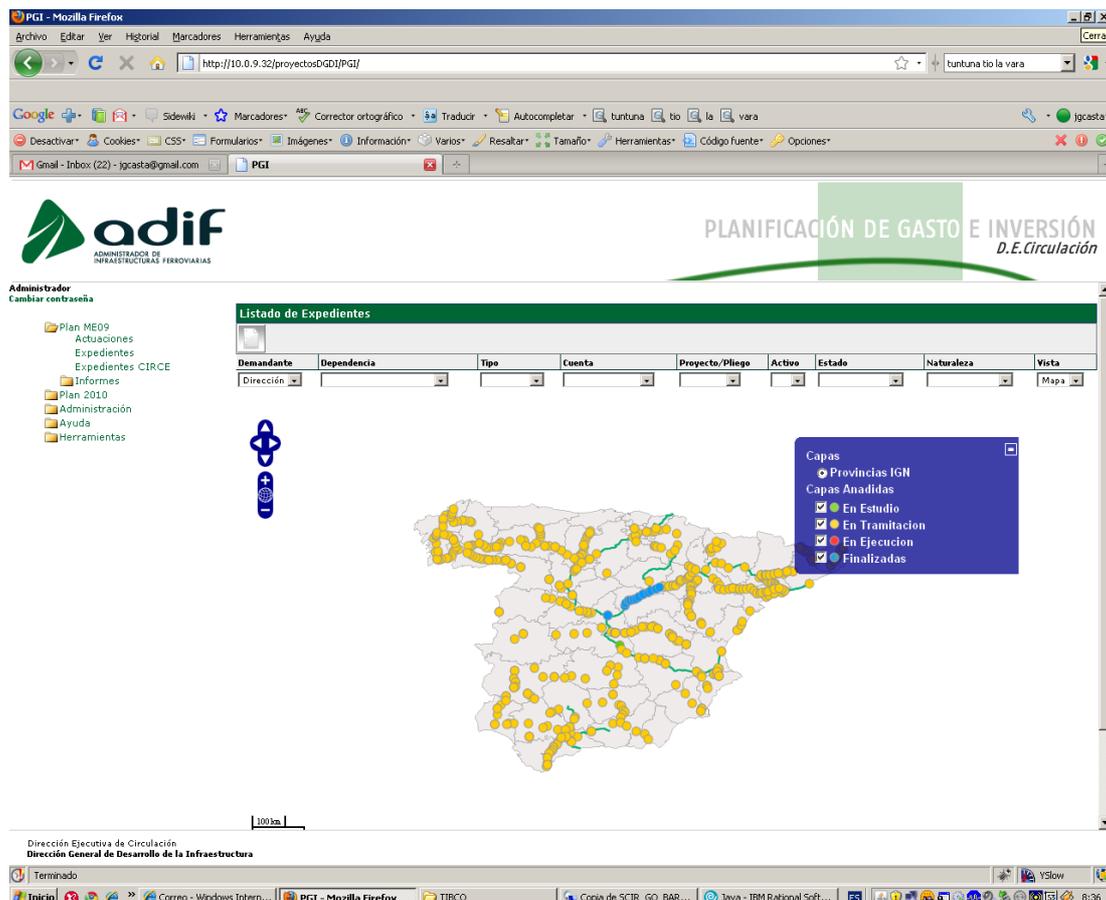


Figura 4

- *Publicación de mapas gráficos.* Como se ha mencionado al principio, uno de los objetivos de esta IDE es la publicación de información de forma interoperable. La publicación de mapas consumibles por otras aplicaciones es algo fundamental a tener en cuenta. Para ello, el servidor WMS permite la exportación de gráficos de mapas en diferentes formatos. PDF y SVG son los más utilizados. Estos últimos son utilizables por cualquier aplicación bajo petición, a través de protocolo HTTP, pasando los parámetros adecuados, básicamente en nuestro caso BBOX, Capa y ESPG. Para consultar los formatos exportables y los argumentos necesarios en cada caso se dispone de la operación GetCapabilities.

El uso del formato SVG permite a una aplicación de Business Intelligence, por ejemplo, incluir información cartográfica procedente de nuestro servidor WMS integrada con otras capas procedentes de terceros IDE.

- *Búsqueda de información georreferenciada (documentos).* Un objetivo de este IDE es ir más allá de la georreferenciación de objetos típicos. Tradicionalmente elementos como documentación, se han ligado a metadatos para poder localizarlos.

Para la organización de cómo se lleva a cabo la circulación de los trenes con criterios de seguridad, es necesario difundir gran cantidad de documentos ligados a localizaciones y material determinado. Consignas de transporte, de instalaciones, regulación de trabajos, normas de trabajos, transportes excepcionales. Actualmente esta normativa está gestionada por una aplicación documental basada en metadatos tradicionales. La afectación a una localización está únicamente ligada a la identificación de una estación o línea por su código.

Se está proponiendo un metadato adicional ligado a documentación reglamentaria. La posición geográfica del lugar al que se refiere la misma, o la línea o zona afectada. Este metadato es de tipo espacial y permite la búsqueda por criterios meramente geográficos, más flexibles que los hasta ahora manejados. Cada documento lleva asociado la coordenada geográfica de la localización a la que afecta, ya sea un punto, una línea o polilínea. Así se pueden hacer filtros por zona geográfica, línea geográfica o punto al que afecta el documento. Al hacer una búsqueda, se puede hacer una selección espacial, determinando, por ejemplo, los puntos que intersectan una línea o las líneas y puntos que están dentro del área de una polilínea. Esta consulta devuelve los documentos que afectan a una posición, línea ferroviaria o ámbito. Al ser una referencia geográfica, se puede cruzar esta información con áreas de influencia no ferroviaria. Por ejemplo, qué documentación afecta a una provincia, un municipio, o una zona natural de la Red Natura, sólo seleccionando aquellos documentos dentro de la zona geográfica de las polilíneas definidas por estos objetos geográficos. La información sobre ellos, se obtiene de la IDE correspondiente, por ejemplo el Catastro, o los ficheros shapefile publicados por el Ministerio de Medio Ambiente y Comunidades Autónomas.

CONCLUSIONES

Son muchas las tareas en las que la IDE Ferroviaria puede contribuir a la gestión de la actividad de este sector. Se han presentado algunas de las estudiadas y las propuestas, aunque son muchas las que se pueden desarrollar. En la actualidad existen soluciones propietarias, pero apoyándonos en herramientas de software libre como las expuestas en este trabajo, se abre la posibilidad de crear soluciones muy personalizadas a las necesidades creadas. Hay que hacer hincapié también en la posibilidad que ofrece el basarse en los estándares explicados arriba, en la interoperabilidad de la IDE. Con estas soluciones se integra información ferroviaria con la procedente de otras fuentes, Centrales, Autonómicas y Locales, y se abre la posibilidad de compartir nuestros datos, de forma segura, con empresas de terceros, abriendo nuestra actividad al resto de Operadores ferroviarios y organizaciones que necesitan de ella.

Cabeceras

Las cabeceras de las secciones principales están alineadas a la izquierda, con fuente "Arial" de 11 puntos y en negrita, con mayúsculas. (Título1)

Las cabeceras de las sub-secciones aparecen alineadas a la izquierda, con tamaño 11 puntos y en negrita. (Título2)

Las cabeceras de las sub-sub-secciones aparecen alineadas a la izquierda, con tamaño 10 puntos y en negrita - cursiva. (Título3)

Fuente del texto

El tipo "Arial" será utilizado para el texto principal. El tamaño de la fuente es de 11 puntos. (Texto secciones)

Figuras

Todas las figuras deberían estar centradas en la página (Figura). Los pies de figura seguirán el estilo mostrado en la Fig. 1. (Pie de figura)



Figura 1: *SIGfrut. Aplicación web.*

Tablas

Un ejemplo de tabla se muestra en la Tabla 1. Podría modificarse ligeramente para satisfacer los requerimientos de los datos presentados. Irá acompañado de un título de tabla. (Título de tabla)

Tabla 1: Éste es un ejemplo de tabla

Id	Porcentaje
3	0.20
6	1
5	0.35
15	0.80
7	0.10
567	2
90	3

Ecuaciones

Las ecuaciones aparecerán en líneas independientes y estarán numeradas.

Numeración de las páginas

Los números serán añadidos posteriormente al documento. Por favor, no incluya cabeceras o pies de página.

Referencias

Las referencias serán numeradas según el orden de aparición, por ejemplo [1], [2] y [3].

CONCLUSIONES

Espacio reservado para las conclusiones.

AGRADECIMIENTOS

Espacio reservado para los agradecimientos, a instituciones, colaboradores, etc.

REFERENCIAS

- ◆ AÑO, C.; SÁNCHEZ, J.; ANTOLÍN, C. Y GOBERNA, M. (2002), "Capacidad y vulnerabilidad de los suelos de la Comunidad Valenciana". *Investigaciones Geográficas* 28, pp.105-123.
- ◆ LÓPEZ BONILLO, D. (1994), *El Medio Ambiente*, Madrid, Cátedra.
- ◆ MAS, J. (2005), *Software Libre. Técnicamente viable, económicamente sostenible, y socialmente justo*. Barcelona, Infonomia.
- ◆ PEREZ, M^a T.; LEMEUNIER, G. (editos.) (1990), *Agua y modo de producción*, Madrid, Crítica.