

## Una arquitectura indoor-LBS basada en SIG con servidores de mapas.

José Eduardo Córcoles

LoUISE (Laboratorio de Interacción con el Usuario e Ingeniería del Software)

Universidad de Castilla-La Mancha

España

### 1. Introducción

Los sistemas basados en localización en exteriores se han convertido en una herramienta de uso cotidiano, para una gran mayoría de usuarios. Entre estos sistemas cabe destacar el sistema de posicionamiento global (GPS) que permite determinar la posición de un objeto en un determinado momento.

Dentro de los sistemas de localización un campo que ha evolucionado mucho en los últimos años han sido los servicios basados en localización indoor (RFID, Bluetooth, etc.). Estos sistemas en interiores permiten ofrecer unas prestaciones similares al GPS dentro de recintos como pueden ser: museos, hospitales, parque de atracciones, etc.

Los sistemas de localización indoor, unidos con las tecnologías que existen actualmente para el cálculo de rutas y los Servidores de Mapas por Internet (IMS), permitirán ofrecer al usuario una serie de funcionalidades básicas como son: *cálculo de rutas entre un origen y un destino, conocer los objetos más cercanos al usuario, consultar la información de un objeto, conocer la posición actual, etc.*

En este trabajo se ha desarrollado una arquitectura web que permita ejecutar tanto cálculo de rutas como consultas espaciales destinadas a interrogar elementos de interés situados en interiores. La interfaz gráfica de esta arquitectura web debe seguir unas pautas de usabilidad [QW2001].

Este artículo está estructurado de la siguiente manera: En la siguiente se aborda el objetivo del trabajo. En la sección 2 se muestra la arquitectura propuesta. En la sección 3 se muestra la solución implementada, diseñando un sistema de localización indoor para un museo.. En la sección 4 se muestran las conclusiones del trabajo.

### 2. Objetivos A Alcanzar

Tomando como base los sistemas de información geográfica (SIG) [RP1993] y los servicios basados en localización (LBS), este proyecto pretende definir una arquitectura para satisfacer el siguiente escenario: un usuario con un sistema móvil (PDA, teléfono móvil, etc.) puede obtener información contextual asociada a la localización que tiene en un determinado momento dentro de un ambiente indoor.

El objetivo se puede enunciar de la siguiente manera:

*Estudiar, diseñar e implementar de manera ágil [PP2003] una arquitectura software que, basada en sistemas de localización indoor, permita la ejecución de lo que se han considerado funcionalidades básicas en este tipo de sistemas, como son: cálculo de rutas en interiores, conocer la posición actual de un usuario, obtener información de un objeto, conocer los objetos más cercanos a uno dado, etc.*

Aunque muchos pueden ser los puntos de vista para llevar a cabo este objetivo, el trabajo se ha centrado en definir una arquitectura basada en sistemas de información geográfica (SIG). Teniendo presente como funcionan los sistemas de información geográfica basados en GPS, a este proyecto se le ha dado la misma perspectiva pero aplicada a sistemas indoor (en particular al caso de estudio de un museo).

En nuestro trabajo, la información espacial que representa las diferentes partes de un edificio (salas, pasillos, escaleras, plantas,...) tienen exactamente la misma importancia que la información alfanumérica (cuadros en un museo, puestos de trabajo en una oficina, etc.). Esta equiparación es significativa a la hora de abordar los requisitos funcionales, como son por ejemplo *conocer los objetos más cercanos a uno dado*. Estos requisitos son imprescindibles en este tipo de sistemas y no podrían desarrollarse eficientemente con otra perspectiva que no se basara en sistemas espaciales.

Al trabajar con sistemas móviles es obligado tener en cuenta aspectos como: (i) la ejecución eficiente, ya que la capacidad de ejecución de un dispositivo móvil no es muy elevada, (ii) la definición de las funcionalidades más adecuadas para ser ofertadas a este tipo de dispositivos, y (iii) la manera de presentar y acceder a la información desde estos dispositivos.

La figura 1 muestra un esbozo de la arquitectura diseñada. En ella interviene: (i) un Mediador, encargado de atender las consultas del usuario, procesarlas y enviar la respuesta; (ii) un sistema de localización, que se encargará de enviar la posición del usuario; (ii) y por último, un IMS (servidor de mapas por internet), que será el encargado de publicar los mapas con los datos espaciales y/o alfanuméricos.

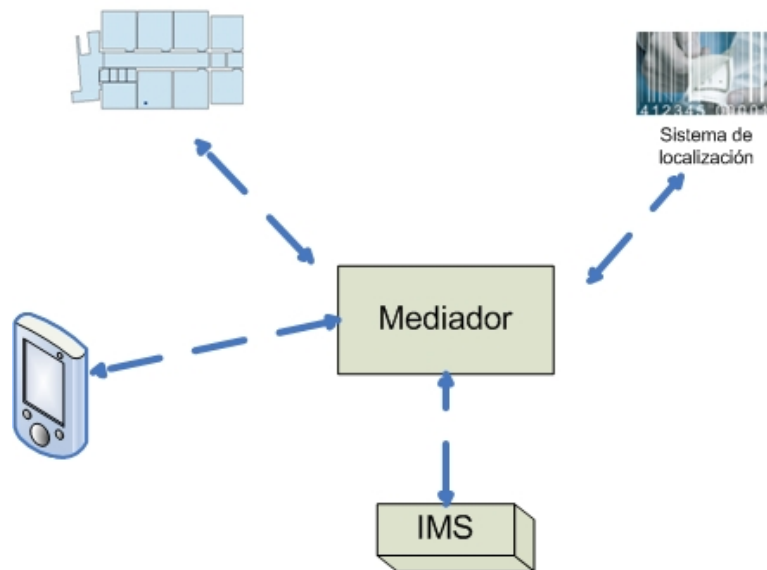


Figura 1. Esbozo de la arquitectura diseñada.

Así, en un escenario de ejecución, el usuario realiza una consulta desde el entorno de la aplicación (para ello, se tendrá una interfaz adaptada con las diferentes consultas que podrá realizar el usuario). La consulta es tratada por el mediador quien se la enviará al servidor de mapas para obtener la respuesta a la consulta solicitada.

Del esquema de la figura 1 se obtienen los puntos clave considerados en este proyecto y que han sido tratados como tareas dentro de la metodología aplicada.

- La familiarización con el concepto de sistemas de información espacial y su implementación con **Servidores de Mapas por Internet (IMS)**. Esta tarea conlleva el estudio de varias alternativas comerciales y de software libre.

- La caracterización de tecnologías para **cálculo de rutas** [ESRI2005] y el estudio de varias alternativas presentes actualmente en el mercado.
- Estudio con detalle de las **características** del servidor de mapas y de la tecnología para el **cálculo de rutas** seleccionado para el desarrollo del proyecto.
- Diseño e implementación de un **sistema mediador** que será el encargado de atender las peticiones de los usuarios y dar una respuesta.
- Diseño e implementación de un **sistema para el cálculo de rutas** utilizando la tecnología seleccionada y un **sistema de localización** que permitirá al mediador obtener la posición del usuario.
- El caso de estudio abordado será para un **museo**, como si se tratará de una guía museística, donde se podrá realizar diferentes consultas como son: *consultar las características de un determinado cuadro, consultar los objetos más cercanos a la posición del usuario, etc.* Para la implementación de esta guía museística se deberá tener en cuenta unos criterios de **usabilidad** [RJ1995].
- Y, finalmente, la **valoración y análisis de conclusiones** de la solución obtenida.
- Además, el desarrollo de estas tareas lleva consigo la realización de otra tarea implícita pero de especial relevancia dentro del ámbito de un proyecto fin de carrera, como es: la adecuada aplicación de aquellos conceptos teóricos estudiados en la carrera de Ingeniería Informática. Metodologías de desarrollo software, etc.

### 3. Arquitectura

La arquitectura del sistema se puede dividir en 3 partes: cliente, proceso y almacenamiento. En la parte del cliente se encuentran todas las páginas web que se mostrarán al usuario, en la parte de proceso se tiene toda la lógica necesaria para el procesamiento de las peticiones de ruta, coordenada y datos. Mientras que en la parte de almacenamiento se encuentran todos los datos que el sistema necesita para su correcto funcionamiento. En la figura 2 se puede ver la arquitectura del sistema.

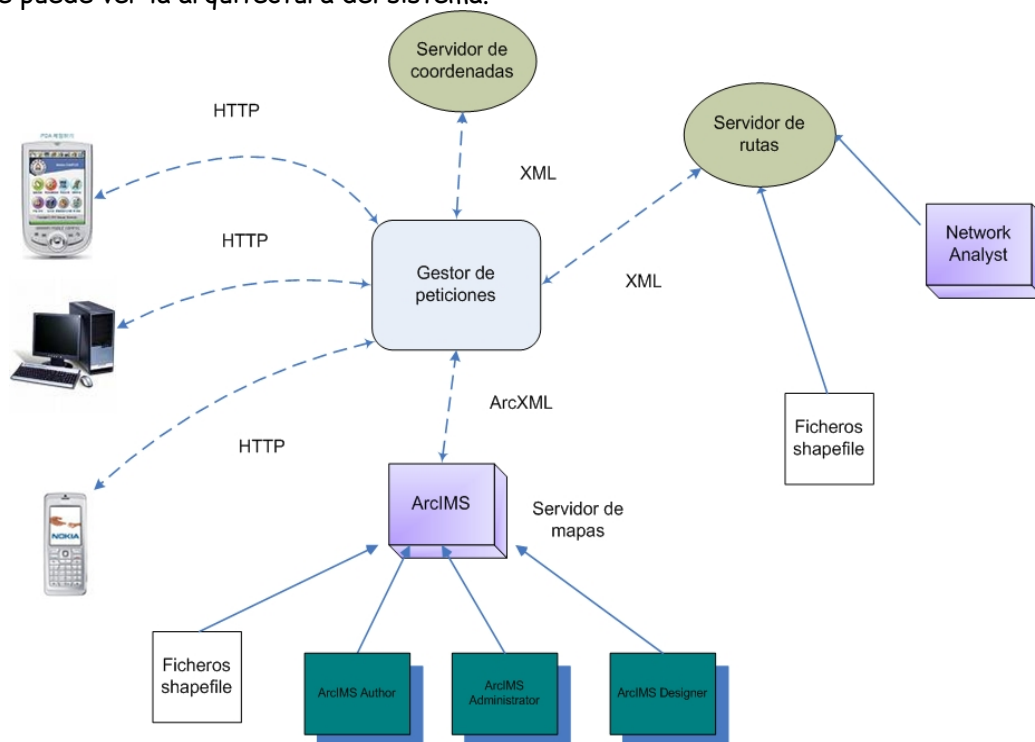


Figura 2 Arquitectura del sistema.

Como se muestra en la figura 2, el **núcleo principal** de la arquitectura es el **Gestor de peticiones**. Él es el encargado de atender las peticiones de consulta solicitadas por los puestos fijos (PC) o móviles (PDA o teléfono móvil) y devolver los resultados con la interfaz deseada, siguiendo unas pautas de usabilidad. Las peticiones son enviadas por los puestos, tanto móviles como fijos, siguiendo el protocolo HTTP.

En la implementación del trabajo se ha utilizado como servidor de mapas para el desarrollo del proyecto **ArcIMS** [ESRI2004]. Por tanto ArcIMS será el encargado de gestionar la información tanto espacial como alfanumérica sobre el sistema indoor.

ArcIMS tiene cuatro elementos necesarios para realizar su labor: shapefiles, ArcIMS Author, ArcIMS Administrator y ArcIMS Designer. Este servidor usa como formato base shapefile [ESRI5]. Un shapefile es un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos.

Por otro lado, ArcIMS Author, ArcIMS Administrator y ArcIMS Designer son los componentes encargados de poner en marcha el servidor de mapas a través de unos asistentes fáciles de utilizar. ArcIMS Author es un asistente para la generación del fichero de configuración del servicio de mapas, ArcIMS Administrator es un asistente para la administración de los servicios publicados y de los servidores espaciales. Y ArcIMS Designer es un asistente para el diseño del sitio web que permite definir la funcionalidad a la que tendrá acceso el cliente.

La comunicación entre el gestor de peticiones y servidor de mapas se realiza a través del protocolo **ArcXML**. Este lenguaje será la piedra angular sobre la que se soliciten las peticiones al servidor de mapas y se expresen los resultados que éste devuelva.

El **servidor de rutas** será el encargado de calcular las rutas solicitadas y enviarlas al gestor de peticiones. Este servidor utiliza la tecnología de **Network Analyst**. Este componente calcula rutas en redes multimodales. Entre las funcionalidades que ofrecen están, por ejemplo, la generación de la ruta más eficiente, localización de las ubicaciones más próximas, generación de áreas de servicio basadas en tiempos de viaje, cálculo de matriz de origen-destino y listado de informe de direcciones. Este servidor utilizará ficheros *Shapefiles* para obtener la información necesaria para realizar el cálculo de rutas.

El componente más sencillo y no por ello el menos importante es el **servidor de coordenadas**, que trata de simular un sistema de localización. Este servidor dará la posición del dispositivo móvil y se podrá reemplazar en un futuro por cualquier sistema de localización.

Por último, indicar que la arquitectura está diseñada tanto para dispositivos móviles (PDA o teléfonos móviles) como fijos (PC). Manteniendo un principio de abstracción de la arquitectura, solamente es necesario modificar el diseño de las interfaces para dispositivos móviles o fijos, dejando la lógica del sistema igual para los dos entornos.

En las siguientes secciones se detallarán cada uno de los módulos esbozados en este punto.

### 3.1 Gestor de peticiones

Este módulo es el **núcleo principal** de la arquitectura, su objetivo será atender las consultas solicitadas por los puestos (fijos o móviles) y devolver los resultados con la interfaz deseada. Para llevar a cabo este objetivo, el gestor de peticiones debe comunicarse con el servidor de coordenadas, el servidor de rutas y el servidor de mapas.

Por un lado, la comunicación con el servidor de coordenadas se realizará únicamente cuando sea necesario conocer la posición del puesto móvil para realizar una consulta.

Las funciones a detallar del gestor de peticiones son: cómo el gestor de peticiones analiza las consultas recibidas del usuario, cómo se comunica con el servidor de mapas y cómo obtiene una respuesta acorde con la consulta solicitada, mostrando al usuario su respuesta en forma de interfaz.

Para establecer la comunicación el gestor de peticiones y servidor de mapas (ArcIMS) se utiliza un lenguaje de comunicación conocido como **ArcXML**. Con este lenguaje se indicará el tipo de consulta que se hará sobre el plano (imágenes o alfanumérica) y una vez recibida la respuesta, (recibida también en formato ArcXML) el gestor de peticiones recogerá aquellos parámetros necesarios para mostrar la respuesta al usuario.

ArcXML es un lenguaje basado en XML por lo que es independiente de la plataforma, se pueden hacer tanto consultas espaciales como alfanuméricas, de las que se pueden obtener tanto datos como imágenes, añadir capas dinámicamente para determinadas consultas, etc. Para poder establecerse la comunicación entre el gestor de peticiones y el servidor de mapas, la aplicación web situada en el gestor de peticiones debe de tener configurados una serie de parámetros: (i) nombre del servicio que se ha configurado con la herramienta ArcIMS Administrator (ii) nombre del servidor de mapas, y (iii) puerto por el que el servidor de mapas recibe las peticiones. Una vez que se tienen los parámetros configurados, el gestor de peticiones está preparado para poder comunicarse con el servidor de mapas, y atender las peticiones del usuario.

Cada vez que el usuario hace una petición de consulta al gestor de peticiones éste la analiza y dependiendo del tipo de la consulta solicitada se tiene:

- Si el gestor de peticiones necesita conocer la posición del puesto móvil para continuar con la consulta, enviará una petición al servidor de coordenadas, para obtener la posición (x,y) donde se encuentra el puesto móvil. Y posteriormente, podrá generar la petición al servidor de mapas o al servidor de rutas.
- Si la consulta solicitada necesita calcular rutas, enviará una petición al servidor de rutas. Este servidor responde con la ruta mediante un XML al gestor de peticiones, el cual generará, por un lado, una petición ArcXML con la que se obtendrá una imagen que representará la ruta a seguir. Por otro lado, generará una respuesta en forma de interfaz al usuario con los pasos a seguir para llegar al destino solicitado. Una vez que el gestor de peticiones tiene toda la información necesaria para realizar tanto la consulta espacial como alfanumérica, realizará los siguientes pasos:
  - **Establecerá la conexión** con el servidor de mapas.
  - Generará una **petición** ArcXML que se enviará al servidor de mapas.
  - El servidor de mapas procesará la petición y contestará con una **respuesta** ArcXML al gestor de peticiones.
  - Finalmente, cuando el gestor de peticiones ha obtenido la respuesta del servidor de mapas, la reordenará mostrando sólo aquellos campos que le interesen para devolver la respuesta en forma de interfaz al usuario.

Cuando se haya completado todo este proceso, se mostrará al usuario la respuesta obtenida.

### 3.2 Servidor de rutas

Una vez entendido el papel que desempeña el módulo anterior, se estudiarán las diferentes consultas que pueden ocurrir entre el gestor de peticiones y el servidor de rutas. Este servidor de rutas sólo se va a utilizar cuando la petición solicitada (del puesto fijo o del puesto móvil) requiera del cálculo de una ruta en el plano.

El objetivo del servidor de rutas es realizar el cálculo de la ruta más corta, entre un origen y un destino de forma dinámica (**rutas dinámicas**). Además puede calcular una serie de rutas ya definidas de antemano (**rutas estáticas**) dentro de un sistema indoor.

Para el cálculo de la ruta el servidor necesitará una serie de parámetros: (i) una red definida sobre el plano, (ii) una serie de paradas, (iii) y un parámetro indicando que se quiere ob-



tener la ruta más corta, el valor que se considera para este parámetro es la longitud de la red.

Por tanto, se han diferenciado dos tipos de rutas: **rutas estáticas** y **rutas dinámicas**. Se define ruta estática como la ruta más corta entre una serie de *paradas* ya definidas de antemano. Y ruta dinámica como la ruta más corta entre un origen y un destino cualesquiera.

Lo primero que se debe hacer para poder ver una ruta, ya sea estática o dinámica, es conectarse a la página del sistema indoor, es decir, se manda una petición al gestor de peticiones, a través del protocolo HTTP, solicitándole una página web. El gestor de peticiones la procesa y responde con una página HTML.

Una vez que el usuario está conectado a la página del visor, podrá realizar el cálculo de rutas. Será a partir de este punto donde el gestor de rutas entrará en acción, pudiéndose calcular dos tipos de rutas.

- Ruta entre un origen y un destino, en este caso se tratará de una ruta dinámica.
- Ruta predefinida, en este caso se tratará de una ruta estática.

### 3.3 Rutas dinámicas

Se entiende por rutas dinámicas aquellas que dado un punto origen y un punto destino cualquiera, se obtiene el camino más corto entre ambos puntos. En este caso se dan dos posibilidades según el tipo de dispositivo desde el que se realiza la petición, puesto fijo (PC) o puesto móvil (PDA,...).

Si el usuario se conecta a través de un **puesto fijo**, se tiene que indicar tanto el origen como el destino de la ruta. Mientras que si el usuario se conecta a través de un **puesto móvil** sólo se tiene que indicar el destino de la ruta, ya que el gestor de peticiones será el encargado de realizar una consulta al servidor de coordenadas para obtener la posición origen, que es la posición en la que se encuentra el usuario en el momento de hacer la consulta.

Una vez que el gestor de peticiones tiene la posición origen y la posición destino, envía una consulta al servidor de rutas para que realice los cálculos necesarios. Esta comunicación se realiza a través de un *"proxy"* que hereda toda la funcionalidad necesaria para las comunicaciones HTTP y SOAP entre el servicio web y el gestor de peticiones.

A continuación, el servidor de rutas sitúa los dos puntos origen y destino en una capa, que contiene toda la lógica de la red, y por último, carga la red para calcular la ruta siguiendo la condición impuesta de la ruta más corta.

Cuando el servidor de rutas ha terminado de realizar su cálculo, crea un fichero XML que contiene toda la información necesaria, paso a paso, para llevar a cabo la ruta: parada inicial, parada final, diferentes paradas intermedias, y la longitud de la ruta total.

El servidor de rutas envía este fichero XML al gestor de peticiones, utilizando HTTP como protocolo de transporte y XML como codificación de datos. El gestor de peticiones procesa el XML obtenido y muestra la información al usuario en forma de página web.

### 3.4 Rutas estáticas

Rutas estáticas son todas aquellas que se encuentran definidas a priori en el sistema. En este tipo de rutas tanto el punto origen como el punto destino son fijos, definiéndose estos puntos en el momento en que se especifica la ruta.

Cuando el usuario selecciona una de las rutas predefinidas, se manda una petición HTTP al gestor de peticiones, indicando el nombre de la ruta que se quiere conocer. Una vez que el [www.sociedadelainformacion.com](http://www.sociedadelainformacion.com) Nº 14 –Diciembre 2008

gestor de peticiones recibe este nombre, envía una consulta al servidor de rutas indicándole el **nombre de la ruta** que debe calcular. Esta comunicación como comentamos anteriormente, se realiza a través de un "proxy", que hereda toda la funcionalidad necesaria para las comunicaciones HTTP y SOAP entre el servicio web y el gestor de peticiones.

Para este tipo de consultas, el servidor de rutas utilizará como paradas los puntos que se han fijado en un fichero que define la ruta.

Una vez que el servidor ha terminado de realizar el cálculo de la ruta, creará un fichero XML que contiene toda la información necesaria, paso a paso, para realizar la ruta: parada inicial, parada final, diferentes paradas intermedias, y la longitud de la ruta total. El fichero XML indicará una ruta a seguir cada dos paradas.

El servidor de rutas envía este fichero XML al gestor de peticiones, utilizando HTTP como protocolo de transporte y XML como codificación de datos. El gestor de peticiones procesa el XML obtenido, y muestra la información al usuario en forma de página web.

### 3.5 Servidor de coordenadas

El servidor de coordenadas sólo se va a utilizar cuando las peticiones solicitadas provengan de un dispositivo móvil, y el gestor de peticiones necesite conocer su posición para procesar la consulta.

Este servidor calcula una posición (x,y) aleatoria dentro de unos límites predefinidos. Posteriormente, este sistema se podrá reemplazar en un futuro por cualquier sistema de localización *indoor*.

Como alternativas al servidor de coordenadas podemos citar el caso de RFID (Identificación por Radiofrecuencia), que es un método de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa dispositivos denominados **etiquetas**. Una etiqueta RFID es un dispositivo pequeño, como una pegatina, que puede ser adherida a cualquier dispositivo. Estas etiquetas contienen antenas que les permiten recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor [WRFID]. Otras alternativas pueden ser las siguientes: UWB O WI-Fi.

Para la comunicación entre el gestor de peticiones y el servidor de coordenadas, se utiliza HTTP como protocolo de transporte y XML como codificación de datos.

### 3.6 ArcIMS Author, ArcIMS Administrator y ArcIMS Designer

El objetivo del servidor de mapas es ofrecer la información alfanumérica del sistema indoor al gestor de peticiones. Para realizar este objetivo se deben de seguir unos pasos de configuración iniciales.

Para llevar a cabo la configuración inicial se han utilizado dos herramientas: **ArcIMS Author** y **ArcIMS Administrator**.

En primer lugar, se utiliza ArcIMS Author que permite crear el **fichero de configuración** del mapa (fichero *.axl*). Este fichero, contiene las rutas de los *shapefiles* necesarios para configurar tanto el sistema indoor como las propiedades del mapa (color de las capas, forma de las capas, etc.).

A continuación, con el fichero *.axl* definido anteriormente se crea y se pone en ejecución, mediante ArcIMS Administrator, un servicio de mapas que representa al sistema indoor y será sobre el que se realice las diferentes consultas solicitadas.

Finalmente, se diseñará una interfaz web, que permitirá realizar consultas ArcXML sobre el servicio de mapas definido con anterioridad.

Para diseñar una interfaz web ArcIMS proporciona una herramienta conocida como **ArcIMS Designer**, donde es posible crear una serie de páginas HTML con una funcionalidad [www.sociedadelainformacion.com](http://www.sociedadelainformacion.com) N° 14 –Diciembre 2008

básica sobre el mapa. Esta herramienta se ha utilizado para la página inicial mostrada en el visor web en el caso de un puesto fijo. En la figura 3, a la izquierda se muestra la interfaz generada a través de ArcIMS Designer y a la derecha, la interfaz que ha quedado tras las modificaciones.

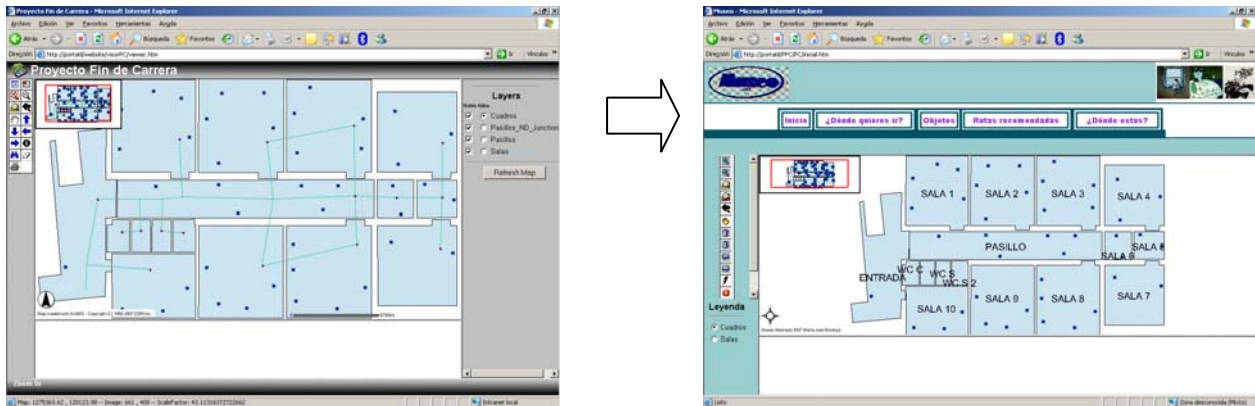
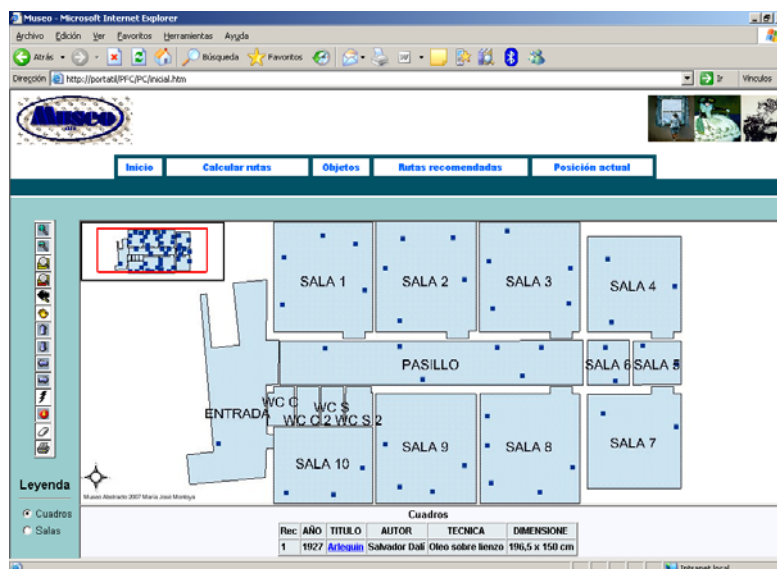


Figura 3 Página web con ArcIMS Designer

Para desarrollar el resto de interfaces necesarias para atender las consultas, se ha utilizado la tecnología .NET, tanto para la interfaz de los puestos móviles como para los puestos fijos, teniendo en cuenta la usabilidad, ya que es sin duda un requisito imprescindible para tener una solución viable.

#### 4. Capturas de ejemplo.

A continuación se muestran un conjunto de capturas de la aplicación implementada siguiendo la arquitectura de la sección anterior. Esta aplicación se ha implementado con .NET 2005 para la parte del dispositivo móvil y herramientas de Esri para la parte de servidor.









## 5. Conclusiones

Este artículo ha presentado una alternativa a la implementación de sistemas de localización indoor basados en sistemas de información geográfica. El objetivo ha sido *estudiar, diseñar e implementar una arquitectura software que, basada en sistemas de localización indoor, permita la ejecución de funcionalidades básicas en este tipo de sistemas como son: cálculo de rutas en interiores, conocer la posición actual de un usuario, obtener información de un objeto, conocer los objetos más cercanos al usuario, etc.*

A lo largo del trabajo se ha estudiado la forma de ejecutar consultas de localización en ambientes indoor, con el fin de permitir al usuario realizar consultas espaciales destinadas a interrogar elementos de interés situados en interiores.

Para conseguir el objetivo, se ha comenzado realizando un estudio de diferentes servidores de mapas, seleccionando el que se ha deducido que resultará mejor para el desarrollo del proyecto. Como se vio al principio del trabajo, el servidor de mapas elegido para el desarrollo ha sido ArcIMS por ser el software comercial que cuenta con mayores funcionalidades respecto de los libres y porque es el líder indiscutible dentro de las preferencias de los usuarios a nivel mundial.

## 6. Bibliografía

- [WRFID] Definición de sistema de localización RFID.  
<http://es.wikipedia.org/wiki/RFID>. 2008.
- [PP2003] Poppendieck M., Poppendieck T. Lean Software Development: An Agile Toolkit for Software Development Managers. Addison Wesley. 2003.

- [QW2001] Quesenbery, W. "What Does Usability Mean: Looking Beyond 'Ease of Use'" Proceedings of the 48th Annual Conference, Society for Technical Communication. Disponible en <http://www.wqusability.com/articles/more-than-ease-of-use.html>. 2001
- [RJ1995] Redish, J. Are we really a post-usability? *ACM SIGDOC Asterisk Journal of Computer Documentation*, vol 19 (1), pags 18-24. 1995
- [RP1993] RODRÍGUEZ PASCUAL, A. "Proposición de una definición profunda de SIG". *Los Sistemas de Información Geográfica en el umbral del siglo XXI*. 2Q Congreso de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica. Junio 2-3 y 4. Madrid. 1993
- [ESRI2004] ESRI "ArcIMS Architecture and Functionality". ESRI Educational Services. <http://www.esri.es/> 2004
- [ESRI2005] ESRI Hierarchical Routes in ArcGIS Network Analyst. ESRI Educational Services. <http://www.esri.es/> . 2005
- [ESRI5] "ESRI Shapefile Technical Description". ESRI Educational Services. <http://www.esri.es/> 2005

# SOCIEDAD DE LA INFORMACION

[www.sociedadelainformacion.com](http://www.sociedadelainformacion.com)

Edita:



Director: José Ángel Ruiz Felipe  
Jefe de publicaciones: Antero Soria Luján  
D.L.: AB 293-2001  
ISSN: 1578-326x