

SROA: Sistema de Reutilización de Objetos de Aprendizaje*

Salvador Otón Tortosa, Antonio Ortiz Baíllo, José Ramón Hilera González

Dpto. Ciencias de la Computación.
ETS de Ingeniería Informática
Universidad de Alcalá
28871 Alcalá de Henares (España)
salvador.oton@uah.es, ortiz.baíllo@gmail.com, joser.hilera@uah.es

Resumen: La reutilización de contenidos docentes es una de las prioridades actuales en el mundo del e-learning. De poco sirve un objeto de aprendizaje con un alto nivel de calidad, si solo es accesible por unos cuantos usuarios de una determinada plataforma o repositorio. Las instituciones educativas requieren de mecanismos de interoperabilidad, ya que no tiene sentido mantener contenido aislado en un mundo cada vez más interconectado y que clama por la colaboración institucional como mecanismo para garantizar una educación de calidad. Por lo tanto, para que un objeto de aprendizaje sea reutilizable debe ser accedido desde la mayor cantidad de plataformas de e-learning posibles, así como por parte de todos sus clientes potenciales. Otra de las características que debe tener un objeto de aprendizaje para poder ser reutilizado, es su confección conforme a estándares, de esta forma se asegura que, a través de su empaquetamiento y descripción mediante metadatos, pueda ser integrado en cualquier plataforma de e-learning compatible con estos estándares. En este artículo se presenta un sistema capaz de asegurar la reutilización de los objetos de aprendizaje, haciendo interoperables los sistemas que los almacenan, de forma que la localización de dichos objetos sea independiente de su ubicación física y de su tecnología de almacenamiento.

Palabras clave: Objetos de aprendizaje, repositorios, reutilización, interoperabilidad.

Abstract: The reusability of learning objects is one of the current priorities in the e-learning field. It is not very useful to have a learning object with a high level of quality, if it is only accessible for a few users of a certain platform or repository. The educational institutions need interoperability mechanisms, thus it is no sense to keep inaccessible content in a world increasingly interconnected that cries out for the institutional collaboration as mechanism to guarantee a quality education. Therefore, in order for a learning object is reusable, it must be acceded from both the most of e-learning platforms and its potential clients. Another characteristic to assure the reusability of a learning object is its development according to standards, packing and description metadata, so, it can be integrated within any e-learning platform compatibly with these standards. In this article, we present a system capable of assuring reusability making interoperable the systems that store the learning objects, so they can be located independently of their physical location and storage technology.

Key words: Learning objects, repositories, reusability, interoperability.

1. Introducción

Uno de los principales problemas de los que sigue adoleciendo la industria del e-learning en la actualidad, es la ausencia de unas metodologías técnicas, documentales y psicopedagógicas comunes

y aceptadas que garanticen los objetivos de accesibilidad, interoperabilidad, durabilidad y reutilización de los materiales docentes. Una de las características básicas que debería tener este tipo de sistemas, es que potencien la interoperabilidad de los objetos de aprendizaje, es decir, que distintos

* Artículo seleccionado del VIII Congreso Iberoamericano de Informática Educativa – RIBIE 2006, (San José, Costa Rica 2006), extendido y revisado para su publicación en IE Comunicaciones.

sistemas o plataformas puedan intercambiarse información y trabajar conjuntamente.

El término “objeto de aprendizaje” se refiere a cualquier elemento digital que pueda ser usado para permitir el aprendizaje o la enseñanza. Una descripción más formal del término objeto de aprendizaje, lo identifica como la mínima estructura independiente que contiene un objetivo, una actividad de aprendizaje, un metadato y un mecanismo de evaluación. Están desarrollados utilizando las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), de forma que posibilitan su reutilización, interoperabilidad, accesibilidad y duración en el tiempo. Se puede tratar de cualquier tipo de objeto, como: gráficos, imágenes simples o videos, pasando por documentos, exámenes complejos o agrupaciones de objetos. Cada elemento ha de tener su propia identidad y poder ser localizable.

Es necesario que las plataformas de e-learning y las herramientas de autoría estén basadas en estándares, siendo además necesario, que todos los objetos de aprendizaje sean “descritos” utilizando el mismo “lenguaje”. Por lo tanto, queda claro que para que un objeto de aprendizaje sea reutilizable debe crearse conforme a la definición de algún estándar y, por lo tanto, el contenido del objeto debe ir descrito mediante metadatos. Sin embargo los estándares no proporcionan ninguna pauta de cómo puede ser descubierto un objeto de aprendizaje.

En este artículo se presenta un sistema orientado a servicios e implementado mediante servicios Web, que permitirá el descubrimiento universal de objetos de aprendizaje almacenados en diferentes repositorios o sistemas de e-learning, garantizando la completa independencia del estándar utilizado en su construcción. Gracias a este sistema, un usuario podrá buscar contenidos docentes en una serie de repositorios distribuidos, de forma que en lugar de crear constantemente contenidos nuevos, sea posible reutilizar los ya creados y, de esta forma, reducir los costes derivados de su elaboración así como enriquecer y mejorar los contenidos educativos. Evidentemente, este supuesto solamente será cierto siempre y cuando estos objetos de aprendizaje sean interoperables y se puedan ubicar en diferentes herramientas e-learning; supuesto que solo ocurrirá si su creación se ha realizado conforme a algún estándar educativo.

Este sistema es además totalmente adaptable a cualquier tipo de metadatos o parámetros de búsqueda, permitiendo así la accesibilidad desde cualquier tipo de dispositivo, independientemente de su ubicación física. Todas estas características hacen de SROA un sistema completo que permite el acceso al contenido docente, posibilita su descarga (adaptándolo al estándar utilizado por el sistema e-learning del cliente, consiguiendo así que los objetos de aprendizaje sean interoperables y reutilizables) y, en definitiva, consigue mejorar el uso y la calidad de los sistemas de formación online.

2. Repositorios en Internet

La primera aproximación a la reutilización de objetos de aprendizaje reside en la utilización de los repositorios o almacenes digitales de contenidos educativos. Así, de esta forma, podrán ser reutilizados por una mayor cantidad de clientes potenciales.

Un repositorio o almacén digital de elementos educativos, es una colección de recursos (objetos de aprendizaje) que son accesibles a través de una red de comunicaciones. No se necesita un conocimiento previo de la estructura de la colección, la cual puede contener los propios recursos o únicamente los metadatos que los describen, junto con una referencia para su localización.

El objetivo de un repositorio es facilitar la reutilización de recursos educativos, facilitando el acceso a los recursos almacenados desde:

- Plataformas de gestión del aprendizaje (LMS: *Learning Management System*).
- Sistemas de gestión de contenidos educativos (LCMS: *Learning Content Management System*).
- Portales de búsqueda de contenidos (por ejemplo, sistemas de búsqueda de bibliotecas digitales, buscadores Web, etc.).
- Cualquier aplicación o agente software desarrollado para acceder a este tipo de información.

En la figura 1 se muestra un modelo general de referencia de acceso a diferentes repositorios [IMS-DRI 03] por parte de varios tipos de usuarios, como los creadores de los recursos educativos (“*Creator*”)

que se almacenarán en ellos, los alumnos que los utilizarán (“Learner”) o, en general, cualquier persona que precise la búsqueda de información en los repositorios (“Infoseeker”).

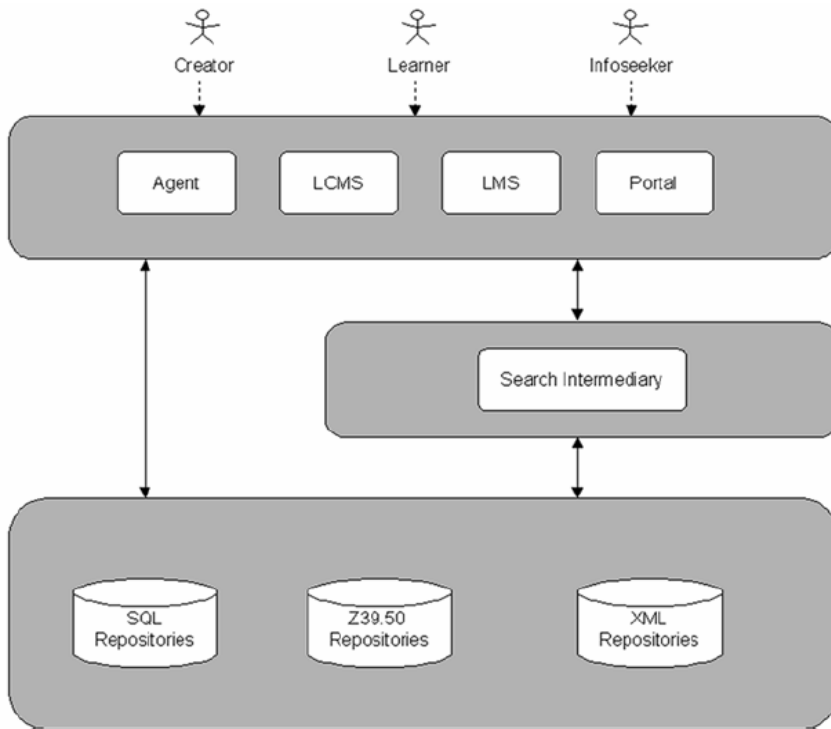


Figura 1. IMS DRI

Según este diagrama, la búsqueda en un repositorio puede realizarse mediante los mecanismos de acceso ofrecidos por los propios repositorios, basados en diferentes tecnologías y lenguajes de consulta (por ejemplo, SQL, Z39.50, XML-XQuery, etc.) o a través de sistemas intermediarios de búsqueda.

Generalmente estos repositorios pueden ser de dos tipos: los utilizados por las propias herramientas de e-learning para almacenar sus contenidos y darles acceso a sus clientes de forma controlada, y muchas veces privada, en el sentido de que si no se es usuario registrado del mismo, no se permite el acceso al contenido que alberga; el otro tipo de repositorio, es el que se encuentra accesible en Internet, por lo que es más interesante desde el punto de vista de la reutilización

A continuación se muestran los de mayor relevancia según [UTSA 07].

- **MERLOT:** (*Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching*) [MERLOT 07]. Se trata de un repositorio libre (figura 2), creado principalmente para el almacenamiento y búsqueda de material docente por parte de alumnos de estudios superiores o universitarios. Estos contenidos educativos, suelen llevar una descripción basada en IMS LOM [IMS-LOM 02], en la que detallan elementos como el autor, idioma, coste, derechos de autor, etc. El principal inconveniente de este repositorio es la forma de ubicar este material docente, ya que generalmente lo realiza a través de enlaces a la propia Web del autor, sin posibilitarnos su descarga a través de empaquetados estandarizados.

- **CAREO:** (*Campus Alberta Repository of Educational Objects*) [CAREO 07]. Se trata de un prototipo, en vías de desarrollo, en el que participan las universidades de Alberta, Calgary y Athabasca, en cooperación con

BELLE (*Broadband Enabled Lifelong Learning Environment*) y CANAIRE (*Canadian Network for the Advancement of Research in Industry and Education*). Los recursos de aprendizaje serán distribuidos por toda la red a través de servidores, mientras que los metadatos que describen dichos recursos, serán enviados por el autor directamente al repositorio CAREO, o bien CAREO los recogerá de otro repositorio o almacén de repositorios. Aunque los metadatos que posee CAREO están mucho más detallados, y muchos de los objetos que posee los podemos descargar en un fichero comprimido, en este no se encuentran sus metadatos, por lo tanto sigue existiendo la misma problemática que en el anterior repositorio.

- **ARIADNE – KNOWLEDGE POOL SYSTEM (KPS):** Se trata de un repositorio (figura 3) empleado en un proyecto de la Comunidad Europea, destinado a la creación de metodologías e instrumentos para la producción y gestión de material didáctico electrónico, llamado

ARIADNE [ARIADNE 07] (*Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Network for Europe*). Se trata de una red europea de recursos educativos distribuidos, alrededor de la cual se han creado una serie de herramientas que ayudan a la compartición y reutilización del material educativo. La principal ventaja que presenta ARIADNE, es la posibilidad de hacer búsquedas en otros repositorios externos de forma transparente al usuario. Con esto se consigue una mayor reutilización de los objetos de aprendizaje, ya que las búsquedas no solo se realizan en un repositorio. Para realizar este tipo

de búsquedas, se utiliza un lenguaje de consulta llamado SQI (*Simple Query Interface*), que es un lenguaje de consulta específico para repositorios de objetos de aprendizaje, que permite la interoperabilidad entre todos ellos. Las descripciones de los objetos de aprendizaje, al igual que ocurría con CAREO, son bastante completas, permitiendo además de descargar el contenido, exportar sus metadatos a LOM, quedando como único inconveniente la transformación de estos metadatos a otro estándar diferente para adaptarlo al repositorio o plataforma utilizada por el usuario.



Welcome to the MERLOT Federated Search. To learn more about Federated Search click on the About link. To search for collections enter a query and choose your collections then click Search.

Perform Search

Search Terms: **GO**

Collections to Search: (Maximum of 25 results will be returned from each collection)

- MERLOT - Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching
- EdNA Online - Education Network Australia
- ARIADNE - ARIADNE Foundation for the European Knowledge Pool
- NIME-glad - NIME Gateway to Learning for Ability Development
- LORNET - LORNET: Learning Object Repositories NETWORK

Figura 2. Interfaz de búsqueda de MERLOT

ARIADNE Welcome to the Ariadne Knowledge Pool, Guest

Search

Simple Search Advanced Search **Federated Search**

Enter search terms **Launch**

Search in all | Ariadne ? | CGIAR ? | EdNA Online ? | EducaNext ? | Fire ? | Lion ? | LORNET ? | Merlot ? | Nime ? |

Figura 3. Interfaz de búsqueda de ARIADNE

Se puede concluir indicando que se encuentran los siguientes problemas:

1. Para que un usuario de un objeto de aprendizaje pueda utilizarlo, este debe venir empaquetado siguiendo alguna especificación, como por ejemplo las de IMS o SCORM. Si se le enseña por ejemplo una página Web, difícilmente podrá integrarla como parte de un curso o realizar una importación a la plataforma de formación que esté utilizando.
2. Sería preferible que el objeto de aprendizaje viniera descrito usando la especificación de metadatos que utiliza el usuario. Para ello se debería pedir al usuario que determine la especificación deseada, y realizar la conversión de forma transparente.
3. Para que una búsqueda sea eficiente, se debería realizar sobre el mayor número de repositorios posible, sin que esto suponga para el usuario el ir de uno a otro de forma manual. Es decir, realizar lo que se conoce como una búsqueda federada de forma automatizada y transparente al usuario sobre una serie de repositorios distribuidos.
4. Dar facilidades a los usuarios propietarios de repositorios para permitir la publicación de sus contenidos en Internet de forma sencilla.

3. Arquitectura Orientada a Servicios Web para la localización de objetos de aprendizaje

Para tratar de resolver los problemas planteados en el apartado anterior, se ha realizado un sistema denominado SROA (Sistema de Reutilización de Objetos de Aprendizaje). Este sistema forma parte de un proyecto de investigación PROFIT “FIT-350101-2005-4”, denominado “Sistema para la publicación y localización universal de objetos de aprendizaje” financiado por el Ministerio de Industria y Turismo del Reino de España. Con este sistema se pretenden hacer interoperables un conjunto de repositorios distribuidos, así como conseguir la reutilización de los objetos de aprendizaje que contienen. Por extensión se puede incorporar sobre cualquier sistema de e-learning que quiera dar acceso a su contenido, como se verá más adelante.

El sistema se ha construido utilizando una arquitectura basada en SOA (*Service Oriented Architecture*) e implementada mediante servicios Web [SOA 07] en Java. Un servicio Web es una colección de protocolos y estándares abiertos cuya misión principal es la de intercambiar datos entre aplicaciones, independientemente del lenguaje de programación, entorno o protocolos utilizados. Por su parte, SOA es un concepto de arquitectura de software que define la utilización de servicios para dar soporte a los requerimientos de software del usuario. SOA proporciona una metodología y un marco de trabajo para documentar las capacidades de negocio, y puede dar soporte a las actividades de integración y consolidación.

El sistema SROA ofrece, a través de una única interfaz, un acceso transparente a objetos distribuidos en repositorios basados en diferentes tecnologías de almacenamiento y de metadatos, permitiendo así, su reutilización y accesibilidad independientemente de su ubicación física.

En [Otón et al. 05] se propuso la primera versión de la arquitectura, cuya versión más avanzada se puede ver en la figura 4 y que es la base de SROA. Como se puede apreciar, se trata de una arquitectura compuesta por 4 capas, cada una de las cuales tiene un papel determinante para el correcto funcionamiento de SROA, siendo capaz de realizar búsquedas federadas en distintos repositorios distribuidos. Para su diseño y construcción se han seguido las especificaciones marcadas por IMS a través de *Digital Repositories Interoperability* [IMS-DRI 03] y *Abstract Framework* [IMS-AF 03].

A continuación se describirán de forma resumida las cuatro capas de la arquitectura.

3.1. Capa 1. Repositorios Distribuidos

La primera capa estaría formada por el conjunto de repositorios o sistemas de e-learning a los cuales tiene acceso SROA. Para poder acceder al contenido de estos repositorios o sistemas, éstos deben tener un servicio Web asociado que de acceso a su contenido, de forma que llamando a sus funciones internas de búsqueda, sean capaces de devolver los contenidos que se ajusten a unos criterios de búsqueda.

El servicio Web que deben implementar estos repositorios o sistemas debe tener unas sencillas

operaciones que SROA necesita invocar. También se ha desarrollado, conjuntamente con SROA, una librería de búsqueda que realizará las tareas descritas en esta capa, como se verá en el apartado 5.

La operación principal del servicio Web que representa esta capa, recibe como parámetro un fichero XML. Este fichero XML tiene en realidad la extensión XEL (*eXtensible E-learning Language*). Se trata de un fichero interno del sistema en el que se especifican los metadatos (campos) que utiliza el sistema del cliente y los valores de búsqueda especificados por el usuario para esos metadatos. Este servicio obtendrá del repositorio un listado con todos aquellos objetos de aprendizaje que se correspondan con los parámetros de búsqueda, el cual será retornado a SROA.

La otra funcionalidad que ofrecerá esta capa será la de devolver los objetos de aprendizaje que cumplen los criterios de búsqueda a SROA. Para ello se pueden utilizar servicios Web con mensajería adjunta (SAAJ: *SOAP with Attachments API for Java*) [SAAJ 07]. Se debe puntualizar que los objetos de aprendizaje recuperados tendrán, en principio, el formato de la especificación con la que trabaje el repositorio (IMS, SCORM, etc.), correspondiendo a las capas superiores de la arquitectura la función de conversión necesaria para su adaptación al formato deseado por el usuario.

3.2. Capa 2. Capa de Interoperabilidad

Esta capa es la que relaciona los repositorios distribuidos con el sistema. Además de contener los servicios más complejos de procesamiento de información, se provee de un mecanismo de orquestación de servicios para que su ejecución se haga de una forma controlada y ordenada. Este nivel se puede subdividir en otros dos, según se muestra a continuación:

Nivel 2-a. Directorio de servicios.

Una vez desarrollados los servicios de la capa anterior, éstos deben ser publicados en un directorio de servicios para su posterior localización.

Para que un repositorio sea localizable debe publicar su servicio Web de acceso en un registro UDDI [UDDI 07], de forma que si desde otro sistema se

quiere acceder a sus objetos de aprendizaje tan solo se tendrá que localizar su registro en el UDDI y descargarse el WSDL que describe el servicio (WSDL: *Web Services Description Language* [WSDL 01]). Por lo tanto, cuando un usuario quiera dar acceso exterior a un repositorio lo primero que hará será publicarlo en un registro UDDI. Para añadir un nuevo repositorio será necesaria la información del UDDI donde está publicado y la propia del servicio. De esta necesidad surge un servicio Web encargado de mantener una base de datos con un catálogo actualizado de todos los servicios de acceso a los repositorios registrados en el sistema; de esta forma el usuario podrá despreocuparse de las variaciones futuras de los enlaces a los servicios de la aplicación.

Nivel 2-b. Servicios de integración.

En esta capa se encuentran los servicios más complejos, que serán los encargados de realizar las búsquedas federadas en diversos repositorios. Además, se encargarán de localizar los objetos de aprendizaje a través de la localización del servicio asociado a cada repositorio. Una vez recuperados los listados de objetos de aprendizaje, deberán ser catalogados. Para ello se procederá a su filtrado y ordenación por su índice de coincidencia.

Cuando se ejecuta un servicio de búsqueda de contenidos (explicado en la capa 3), se desencadena en el sistema la llamada a una serie de servicios. El servicio principal es el de búsqueda federada, que se encargará de realizar las llamadas a los distintos servicios de búsqueda de los repositorios a los que se tiene acceso. Antes de realizar la invocación podría ser necesario contactar con el servicio de adaptación del fichero XEL (si el repositorio y el cliente contaran con una especificación de metadatos diferentes); y antes de realizar la devolución de los objetos de aprendizaje al cliente, podría ser necesario contactar con el servicio Web que adapta los objetos de aprendizaje a su estándar utilizado.

3.3. Capa 3. Servicios de Aplicación y Servicios Comunes

En esta capa residen los servicios de aplicación y los comunes correspondientes a la funcionalidad de la arquitectura, por lo tanto se encuentran los servicios

que el usuario invoca a través de la capa de acceso y presentación. Alguno de estos servicios desencadena llamadas a los servicios de las capas inferiores. A continuación se comentan los principales servicios que incluye esta capa:

Servicios de Aplicación:

- Servicio de búsqueda de contenidos: Sin duda es el más importante y es el que desencadena todas las llamadas a los servicios de las capas inferiores. Es el encargado de recoger la información introducida por el usuario en el formulario y hacerla llegar hasta el servicio de búsqueda federada en el formato deseado, recibiendo posteriormente una lista ya catalogada con todos los objetos que se corresponden con los parámetros indicados por el usuario.
- Servicio de descarga de contenidos: Una vez se presenten los contenidos catalogados al usuario, este podrá descargarlos uno a uno.
- Servicio de registro de repositorios: Este servicio se encarga de registrar un repositorio en el sistema.

Servicios Comunes:

- Servicio de registro de usuarios: Este servicio es el encargado de registrar a cada uno de los usuarios de SROA y establecer sus privilegios.
- Servicio de autenticación de usuarios: Será el encargado de autenticar a los usuarios cuando quieren utilizar SROA y establecer sus privilegios.
- Servicio de gestión de cobros por derechos de autor de los contenidos: Cuando algún contenido esté sujeto a derechos de autor en los cuales se deba pagar por su utilización, este servicio se encargará de establecer los mecanismos necesarios para realizar el cobro pertinente.
- Servicio de registro de la trazabilidad de las acciones que se realizan en SROA: Todas las acciones que se realizan en SROA quedarán reflejadas en un fichero de *log*.

3.4. Capa 4. Cliente

En este nivel se describe la interacción de un cliente, con SROA. En primer lugar, el cliente se conectará a una interfaz Web donde podrá realizar dos acciones

fundamentales: realizar una búsqueda federada en el sistema o dar de alta un nuevo repositorio.

Para ejecutar la búsqueda federada, el usuario deberá cumplimentar los campos de un formulario con los metadatos de búsqueda. Sería muy laborioso tener que reconstruir el formulario de entrada de datos, y con ello casi todo el sistema de búsqueda, cada vez que se deseara realizar una búsqueda sobre un repositorio y éste tuviera que utilizar unos metadatos (campos) diferentes a los anteriores. Para evitar este problema, SROA cuenta con un fichero XSD externo, en el que se especificarán los campos que deberán tener los objetos de aprendizaje, y generará en función de este tanto el formulario de entrada como los ficheros XEL que se enviarán a cada repositorio, como se vio anteriormente. A través de este sistema, se consigue una arquitectura totalmente adaptable a cualquier conjunto de campos educativos existente hoy en día o en el futuro, con tan sólo modificar el fichero XSD externo.

A continuación se muestra un extracto del fichero XSD en el que aparecen los campos *title*, *language*, *description* y *keyword* que pertenecen a la categoría *general*, y *format* que pertenece a la categoría *technical*.

```
<?xml version="1.0"?>

<xs:schema
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
targetNamespace="http://www.w3schools.com"
xmlns="http://www.w3schools.com"
elementFormDefault="qualified">

  <xs:element name="general">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element name="title"/>
        <xs:element name="language"
type="language_restriction" />
        <xs:element name="description" />
        <xs:element name="keyword" />
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>

  <xs:element name="technical">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element name="format"
type="format_restriction" />
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  ...
```

Una vez completado el formulario, éste pasará a ser procesado por un servicio Web encargado de confeccionar un fichero XEL de metainformación, que será la base para la realización de las búsquedas posteriores. En este fichero XEL, como se indicó anteriormente, se especificarán los campos leídos del fichero XSD con los valores respectivos para cada campo según se especificaron en el formulario de entrada.

Este servicio será el encargado de llamar al servicio Web de búsqueda federada de la capa 2 y desencadenará todo el proceso explicado anteriormente. Como resultado, recibirá, ya clasificados, los objetos de aprendizaje que coincidan con el patrón de búsqueda, los cuales podrán formar parte del repositorio del cliente (por ejemplo, el de la plataforma LMS que esté utilizando).

Para registrar un nuevo repositorio en el sistema, el cliente rellenará un formulario con los datos que describen al repositorio. Entre estos datos se destacan el UDDI donde está publicado el servicio, dirección de localización del servicio, claves, etc. Con estos datos realizará la llamada al servicio de catalogación de repositorios de la capa 2 donde quedará registrado.

3.5. Implementación

La implementación de SROA se ha llevado a cabo mediante la plataforma Java. Para el desarrollo de los diferentes servicios Web se ha elegido una plataforma de libre distribución para el lenguaje Java, que permita su correcta implementación, además de posibilitar desplegar en una máquina local un registro UDDI para poder realizar todas las pruebas necesarias durante el desarrollo. Estas plataformas son Systinet Server y UDDI Registry, ambas herramientas de Systinet [Systinet 07].

La interfaz Web de la aplicación ha sido desplegada en el servidor de aplicaciones de mayor utilización a nivel empresarial, como es Apache Tomcat [Tomcat 07], que servirá como contenedor de Servlets/JSP de la aplicación. Además se integra completamente con el servidor de servicios Web seleccionado.

En la figura 4 se presenta un esquema general de la arquitectura SROA dividida en los cuatro niveles comentados anteriormente.

4. SROA en Ejecución

En este apartado se mostrarán las principales interfaces que dan acceso a la funcionalidad de SROA.

Cuando el usuario inicia la aplicación, se le presenta una interfaz Web en la que se le permite realizar dos acciones en el sistema. Estas acciones son las de realizar una búsqueda federada en distintos repositorios distribuidos o la de registrar un nuevo repositorio en el sistema (figura 5).

En lo referente a la parte de búsqueda federada, cuando el usuario inicie la aplicación, el sistema analizará el fichero XSD de campos educativos y completará el formulario de entrada de datos, totalmente dinámico, mostrándole al usuario los datos que tendrá que rellenar (figura 6). A continuación, el usuario podrá incorporar los parámetros de búsqueda que desee. Cuantos más sean los parámetros que éste introduzca, mayores serán las probabilidades de obtener más objetos de aprendizaje.

Cuando el usuario rellene toda la información que considere oportuna, el sistema buscará en los repositorios registrados todos aquellos objetos de aprendizaje que coincidan con los parámetros marcados por el usuario, devolviéndole una lista ordenada de la que podrá ir descargando todos y cada uno de ellos.

El sistema presenta dos opciones de búsqueda. La primera de ellas dará por válidos aquellos valores que coincidan exactamente, obteniendo entre todos ellos un porcentaje de coincidencia (valores iguales entre total de campos). Si este porcentaje supera o iguala uno especificado por el usuario, el objeto de aprendizaje en cuestión será tratado como válido para el usuario. El segundo tipo de búsqueda no buscará la igualdad entre valores, sino una aproximación entre estos; es decir, se tomará como valor válido aquel que se aproxime en un determinado porcentaje (parámetro configurable) al otro. La obtención del índice global de coincidencia se hará igual que para el primer tipo de búsqueda.

SROA: Sistema de Reutilización de Objetos de Aprendizaje

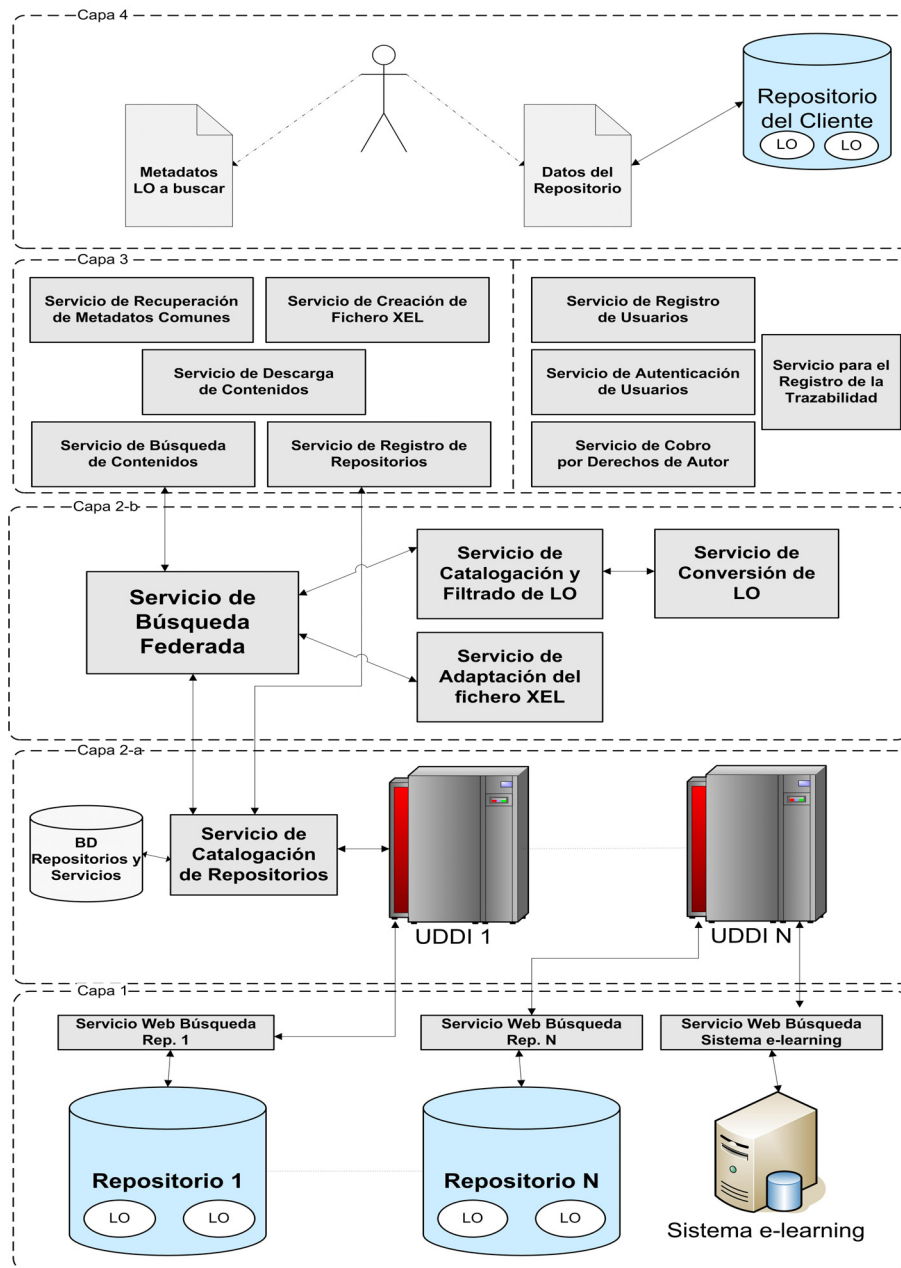


Figura 4. Arquitectura de SROA

A partir de la interfaz de la figura 7, el sistema mostrará el nombre del objeto de aprendizaje en cuestión, junto con su porcentaje de coincidencia y un enlace para procesar su descarga. Esta es una de las principales diferencias con respecto a los demás repositorios analizados en el apartado 2; SROA posibilita la descarga del objeto de aprendizaje, junto con su metainformación, de manera totalmente

independiente del formato o manera de organizar los objetos docentes. Para que esta descarga sea posible, como se comentó anteriormente, se utilizará la API SAAJ, que permite enviar mensajes SOAP con archivos adjuntos de cualquier tipo. Así, el servicio Web enviará un mensaje SOAP al cliente, dentro del cual se ubicará el ZIP correspondiente al objeto de aprendizaje en cuestión.



Figura 5. Página principal de entrada a SROA

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	VALOR
GENERAL		
	title	Curso J2SE-Modulo II
	language	ES
	description	
	keyword	Java
TECHNICAL		
	format	application/pdf
EDUCATIONAL		
	learningresourcetype	Diagram
	difficulty	easy
	description	
RIGHTS		
	cost	no
	copyrightandotherrestrictions	no
	description	
ANNOTATION		
	person	Salvador Otón Tortosa
	date	01-01-2006
BÚSQUEDA EXACTA <input checked="" type="radio"/>		
BÚSQUEDA INEXACTA <input type="radio"/>		
NIVEL DE COINCIDENCIA <input type="text" value="Intermedia > 65 %"/>		

BUSCAR BORRAR

Figura 6. Formulario de metadatos para la búsqueda federada en SROA

Si se deseara descargar un objeto de aprendizaje, solamente se tendrá que pulsar sobre “Descargar”, y elegir si deseamos abrir el fichero o descargarlo a la máquina local del cliente (figura 8).

Una vez vistas las interfaces referidas a la búsqueda federada por los diferentes repositorios, se comentarán las que representan el registro y catalogación de nuevos repositorios. Cuando el

usuario pulse sobre dicha opción, el sistema le mostrará una interfaz en la que SROA presenta tres opciones diferentes para el registro de repositorios; las dos primeras conllevan, además, el registro de un servicio Web (el que se encontraría asociado al repositorio) sobre un UDDI específico, mientras que la tercera asume que el servicio ya se encuentra registrado sobre un UDDI, y por lo tanto no es necesario su registro.

Coincidencias Encontradas...

NOMBRE	PORCENTAJE COINCIDENCIA	%	DESCARGA
J2SE_MODULO_II.ZIP	<div style="width: 69.24%;"></div>	69.24%	Descargar
J2SE_MODULO_III.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2SE_REPASO_MODULO_V.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2SE_REPASO_MODULO_VI.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2SE_REPASO_MODULOS_I_V_II.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2SE_MODULO_V.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2EE_MODULO_IV.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2EE_MODULO_III_PARTE3.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2SE_MODULO_VI.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2SE_MODULO_VII.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2SE_REPASO_MODULO_III.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2EE_MODULO_III_PARTE1.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2EE_MODULO_III_PARTE2.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2EE_REPASO_MODULO_IV.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2SE_MODULO_IV.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2EE_MODULO_II.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2EE_MODULO_I.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
J2SE_REPASO_MODULO_IV.ZIP	<div style="width: 61.54%;"></div>	61.54%	Descargar
C_MODULO_III.ZIP	<div style="width: 53.85%;"></div>	53.85%	Descargar
C_MODULO_IV.ZIP	<div style="width: 53.85%;"></div>	53.85%	Descargar
C_MODULO_I.ZIP	<div style="width: 53.85%;"></div>	53.85%	Descargar
C_MODULO_II.ZIP	<div style="width: 53.85%;"></div>	53.85%	Descargar

Figura 7. Objetos de aprendizaje encontrados

Coincidencias Encontradas...

NOMBRE	DESCARGA
J2SE_MODULO_II	Descargar
J2SE_MODULO_II	Descargar
J2SE_REPASO_MODULO	Descargar
J2SE_REPASO_MODULO	Descargar
J2SE_REPASO_MODULOS	Descargar
J2SE_MODULO_V	Descargar
J2EE_MODULO_IV	Descargar
J2EE_MODULO_III_PARTE3.ZIP	Descargar
J2SE_MODULO_VI.ZIP	Descargar
J2SE_MODULO_VII.ZIP	Descargar
J2SE_REPASO_MODULO_III.ZIP	Descargar
J2EE_MODULO_III_PARTE1.ZIP	Descargar

Abriendo J2SE_Modulo_II.zip

Ha escogido abrir **J2SE_Modulo_II.zip**
 el cual es un: Archivo WinRAR ZIP
 de: http://localhost:8080

¿Qué debería hacer Firefox con este archivo?

Abrir con: WinRAR.ZIP (predeterminada)

Guardar en disco

Hacer esto automáticamente para los archivos como éste de ahora en adelante.

Aceptar Cancelar

Figura 8. Descarga de un objeto de aprendizaje

Introduzca
la siguiente
información...

¿Necesitas ayuda?

DATOS DEL REPOSITORIO ...

URL SERVICIO WEB: *

NOMBRE SERVICIO WEB: *

NEGOCIO: *

URL UDDI (BÚSQUEDA): *

URL UDDI (PUBLICACIÓN): *

URL UDDI (SEGURIDAD): **

VERSIÓN DE UDDI: V2 V3

NOMBRE UDDI: *

USUARIO: *

CONTRASEÑA: *

* CAMPOS OBLIGATORIOS
** OBLIGATORIO UDDI V3

Atras Siguiente

Figura 9. Registro de un repositorio en un UDDI externo

La primera de las opciones, asume que el usuario no tiene ninguna cuenta de usuario sobre un UDDI externo al SROA¹ y, por lo tanto, desea registrar su servicio Web de búsqueda sobre el UDDI del sistema; para ello, la aplicación le pedirá solamente el nombre del servicio Web y su URL. Tras introducir los datos, el sistema se conectará al UDDI interno de SROA para mostrar al usuario todos los datos de su servicio.

Si el usuario no deseara registrar su servicio sobre el UDDI del sistema, sino que deseara realizarlo sobre otro externo a este, podría hacerlo a través de la segunda de las opciones. Para ello, el usuario tendrá que proporcionar más información que en el caso anterior. Estos datos serán el nombre del servicio Web, así como su URL, las URL de búsqueda y

publicación del UDDI donde desea publicarlo, el nombre del negocio sobre el que va a publicar el servicio Web, así como un usuario y su contraseña (para publicar un servicio en un UDDI es necesario estar registrado en este) (figura 9).

Una vez rellenados estos datos, el sistema se conectará al UDDI especificado y, a partir del nombre de negocio, devolverá una lista con todas las claves de los negocios que tengan ese nombre. De esta manera, el usuario no tendrá que recordar todo el conjunto de caracteres que conforman la clave y con ello se le facilita el uso del sistema.

La última de las opciones que se permite durante el registro de nuevos repositorios, es la de añadir un servicio Web de búsqueda asociado a un repositorio que ya se encuentra dado de alta en un UDDI. En este caso, los datos que se le pedirán al usuario serán el nombre y la URL del servicio Web, el nombre del negocio, la URL de búsqueda del UDDI sobre el que está publicado y la versión del mismo.

¹ SROA cuenta con un UDDI sobre el que tiene creada una cuenta para registrar nuevos servicios, identificado en el artículo como "interno a SROA". También se habla de UDDI "externos a SROA", que serán todos aquellos sobre los que no tiene cuenta; serán los usuarios los que deberán estar registrados sobre los mismos. En ningún momento se hace referencia a que estén ubicados en el mismo o diferente entorno que SROA, sino que es más un concepto de accesibilidad.

5. Característica Diferenciadora de SROA: incorporación de nuevos repositorios

Para incorporar cualquier repositorio distribuido sobre la plataforma SROA (independientemente del estándar educativo que maneje), será necesario realizar los siguientes pasos:

En primer lugar, el usuario u organización que desee dar acceso a su repositorio, y con él a todo el material docente albergado, deberá desarrollar un sistema de búsqueda. El sistema de búsqueda federada con el que cuenta SROA podrá, de esta manera, ponerse en contacto con el sistema de búsqueda del repositorio y así obtener todos aquellos objetos de aprendizaje que cumplan con las características especificadas por el usuario en el formulario de entrada, como se ha visto en el anterior apartado.

En segundo lugar, se deberá dar de alta el repositorio en la plataforma SROA, de forma que este último sea consciente de que las búsquedas realizadas a partir de ese momento tendrán que efectuarse también sobre ese repositorio.

A continuación se detalla cada uno de estos procesos más en profundidad.

5.1. Creación de un Sistema de Búsqueda

Crear un servicio de búsqueda adaptado a cada repositorio puede ser una tarea lo suficientemente difícil y laboriosa como para hacer que un usuario u organización decida no hacer accesible su repositorio. Por este motivo se decidió facilitar, en la medida de lo posible, esta tarea, pudiéndose llevar a cabo de dos maneras diferentes:

Por un lado, el proveedor del repositorio podrá desarrollar el servicio de búsqueda asociado directamente a su repositorio. De esta manera, tendrá un control absoluto sobre la forma de realizar búsquedas de objetos en su repositorio, el rendimiento que estas ofrecen, el lenguaje de programación que desee utilizar para su desarrollo, etc. La plataforma SROA no impone ninguna de estas condiciones para que un nuevo repositorio forme parte de su sistema de búsqueda federada; por lo

tanto, se puede indicar que en este aspecto es totalmente flexible y adaptable.

Sin embargo, también presenta otra alternativa de incorporación más eficiente: utilizar un sistema de búsqueda ya creado y adaptarlo a las necesidades particulares del repositorio. Para esta tarea, se distribuye una librería llamada JSBR-API (API Java - Sistema de Búsqueda para Repositorios), desarrollada bajo el lenguaje de programación Java y distribuida a través de un fichero de recopilatorio JAR (*Java ARchives* [JAR 07]).

Los ficheros JAR son un formato de archivo basado en el popular sistema de compresión ZIP. Permiten la sencilla distribución de aplicaciones Java, incorporando, además de los archivos compilados (*.class), cualquier tipo de fuente, como pueden ser imágenes, sonidos, video, etc.

De esta manera, cualquier repositorio podrá hacer accesible el contenido docente sin necesidad de desarrollar ningún sistema de búsqueda complejo, ya que SROA proporcionará dicho sistema, haciendo que el usuario u organización solamente tengan que invocar a la funcionalidad necesaria de la API.

Para la adaptación del sistema de búsqueda a las peculiaridades propias de cada repositorio, se optó por utilizar ficheros de configuración (ficheros *properties*) externos al propio fichero JAR, que también serán distribuidos.

En la figura 10 se muestra un esquema general del sistema SROA, en el que se identifican los servicios Web de búsqueda asociados a cada repositorio, utilizándose para su creación la librería JSBR-API (archivo JAR), así como los archivos de configuración que permitirán adaptarla al mismo.

La librería JSBR-API ofrece dos funcionalidades:

- Generar la búsqueda de objetos a partir de unos parámetros marcados por el usuario, devolviendo al sistema SROA un listado con todos los objetos coincidentes.
- Devolver al usuario un objeto de aprendizaje en concreto.

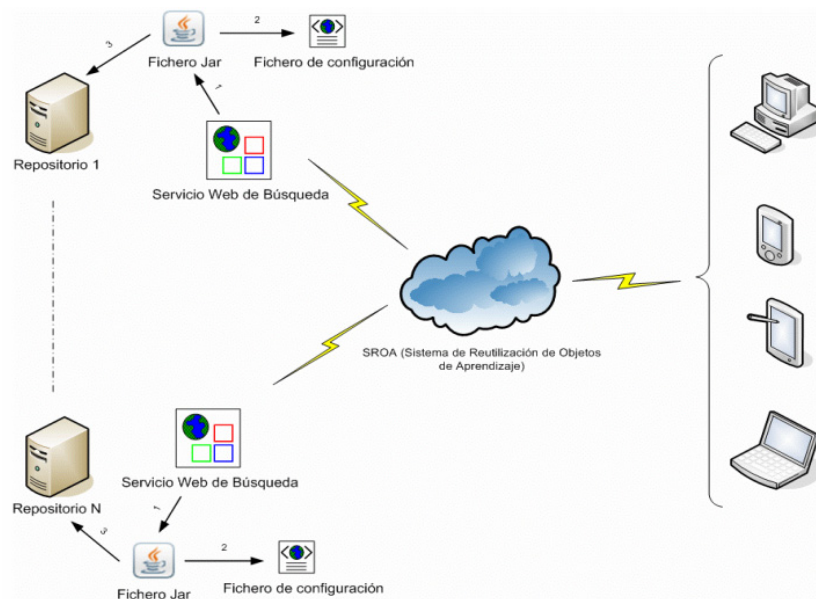


Figura 10. Esquema general de funcionamiento del sistema SROA

Cuando comienza la búsqueda federada, el sistema SROA contacta con todos aquellos repositorios que han añadido al sistema. De todos ellos obtendrá un listado de objetos coincidentes (no obtiene ningún fichero, solamente un listado con información sobre cada uno de ellos). Este listado se obtiene a través de esta primera funcionalidad, llamada *buscarLOEnRepositorio*.

Aunque el proceso de obtención del listado de objetos parezca trivial es, sin embargo, un proceso bastante complejo. El sistema SROA está pensado para que pueda ser utilizado sobre cualquier tipo de objeto de aprendizaje, independientemente del estándar utilizado para su empaquetado y descripción. Por lo tanto, habrá que generar el sistema de obtención de la metainformación del objeto de una forma totalmente adaptable y flexible. También habrá que tener en cuenta los distintos problemas que se podrán encontrar, como la imposibilidad de acceder al repositorio o al objeto, formato incorrecto del objeto, objeto sin metainformación o metainformación incorrecta, etc. Por ello, los beneficios de utilizar este sistema de búsqueda incorporado en la librería JSBR-API son innumerables, ya que es un sistema totalmente eficiente y probado.

A continuación es necesario procesar este listado de información. Hay que eliminar posibles objetos

repetidos (obtenidos de diferentes repositorios), y ordenarlos de forma que primero se presenten al usuario los que tengan mayor índice de coincidencia. Esta funcionalidad ya será realizada por el sistema SROA.

Una vez completado este proceso, como ya se ha visto anteriormente, será el usuario quien seleccionará uno de los ficheros de la lista para su descarga a su máquina local (funcionalidad también ofrecida por la librería JSBR-API a través de la funcionalidad *enviaFichero*). Para el envío del fichero desde el repositorio distribuido hasta una máquina remota se utilizará un sistema eficiente de envío (a través de

Streaming de bytes), ya que el tamaño del fichero podría ser lo suficientemente grande como para sobrecargar la memoria del equipo.

Una vez comentadas las funcionalidades ofrecidas por la librería JSBR-API, sólo queda establecer un servicio Web sobre el repositorio que, utilizando los procesos anteriormente comentados, posibilite el acceso a la información docente albergada en su interior. Esta será una tarea sencilla, ya que el servicio Web solamente tendrá que invocar a estos dos procesos y retornar al sistema SROA la información que le devuelvan. Esto también supone un factor muy importante dentro de la sencillez de incorporar un nuevo repositorio al sistema, ya que el proveedor podrá utilizar cualquier plataforma de servicios Web sin que, de nuevo, esto suponga una restricción para su uso.

La figura 11 muestra cómo quedaría el proceso de comunicación completo.

5.2. Registro del Nuevo Repositorio en el Sistema SROA

Una vez desarrollado el servicio Web de búsqueda asociado al repositorio, de cualquiera de las formas que se han presentado, se podrá dar acceso al mismo a través de su registro dentro del sistema SROA. Para realizar esta tarea, como ya se comentó en el anterior apartado, la plataforma cuenta con un servicio de catalogación de repositorios, el cual, a través de la

introducción de la información necesaria, registrará completamente el servicio en el UDDI indicado (en el caso que así se solicite) así como en el sistema SROA.

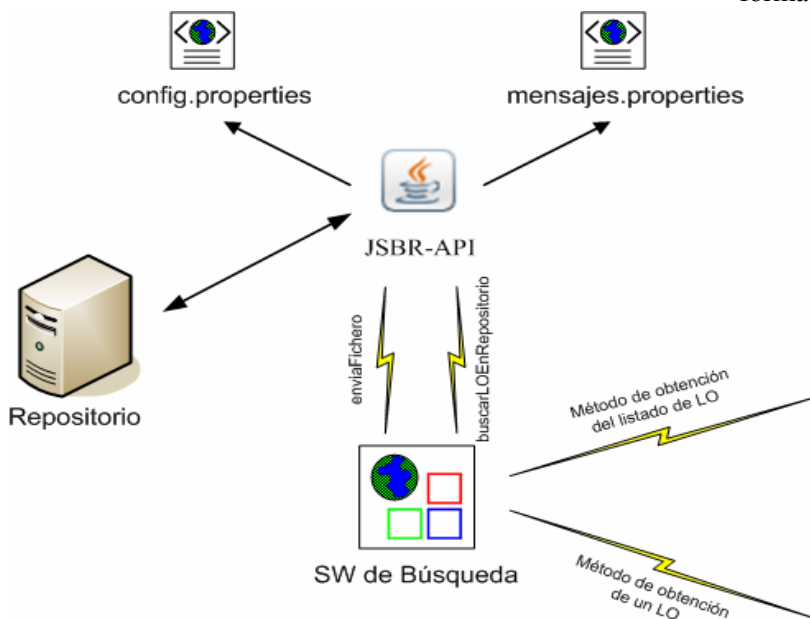


Figura. 11. Sistema de comunicación de la librería JSBR-API

6. Conclusiones

SROA puede resolver los problemas de reutilización de los objetos de aprendizaje mediante su publicación y localización universal. Esto permite distribuir contenidos educativos entre distintas plataformas de e-learning y hacer interoperables los repositorios de las mismas.

Al existir diferentes estándares para describir objetos de aprendizaje, es importante que un sistema basado en servicios sea capaz de hacer que las conversiones de formato necesarias sean transparentes al usuario, siendo los servicios de los diferentes niveles los encargados de ello. Como conclusión final se puede indicar que SROA presenta las siguientes características:

- **Abierto.** SROA permite la creación de sistemas e-learning interoperables y conectables entre sí de forma sencilla, es decir que sistemas y herramientas comerciales de fabricantes distintos

puedan ensamblarse en un único sistema global. Esto se ha conseguido utilizando SOA y servicios Web.

- **Escalable y Flexible.** SROA está definido de tal forma que permite su crecimiento. Este crecimiento se puede ver desde dos perspectivas. Por un lado se destaca el crecimiento de datos, representados por los nuevos objetos de aprendizaje que se incorporarían al sistema al incluir un nuevo repositorio. Y, por otro lado, es posible el crecimiento en funcionalidad, que se daría al incluir nuevos servicios, tarea relativamente sencilla dada la naturaleza del modelo SOA aplicado en su desarrollo.
- **Integrado.** SROA es capaz de integrarse con una gran cantidad de sistemas de e-learning existentes hoy en día (y en un futuro) consiguiendo la interoperabilidad entre todos ellos. Para conseguirlo tan sólo se tiene que desarrollar un servicio Web que de acceso a sus contenidos y registrarlo en SROA, tarea sencilla y automática como se ha visto.

Actualmente SROA está siendo utilizado en la confección de 5 Estudios Propios de la Universidad de Alcalá, en la que hay matriculados aproximadamente 300 alumnos. Estos estudios son semi-presenciales, y en ellos el 60% de la carga lectiva se realiza mediante sistemas e-learning cuyos contenidos se han confeccionado utilizando SROA. Su utilización formó parte del periodo de confección de los contenidos online que deben formar las distintas asignaturas de los cursos. SROA proporcionó el nexo de unión de dos repositorios donde se encontraban los objetos de aprendizaje. Uno de los repositorios (más antiguo) contenía objetos empaquetados con SCORM 1.2 y el otro repositorio (más moderno) utiliza SCORM 2004 [SCORM 04]. Mediante SROA se localizaban los distintos objetos de forma independiente del repositorio y los metadatos utilizados, adaptando los más antiguos a SCORM 2004, y consiguiendo con ello una completa interoperabilidad y reutilización de material docente. Por poner un ejemplo práctico, existen algunas asignaturas que comparten ciertos contenidos, como es el caso de las de Programación. Dependiendo del

tipo de estudios, se incluirán, por ejemplo, unos contenidos básicos de un lenguaje o se darán por supuestos. De esta forma, para la confección del material docente de estas asignaturas se utilizó SROA; se podían ir buscando determinados objetos de aprendizaje con el fin de crear todo el material docente, y reutilizar los mismos objetos en diferentes asignaturas, independientemente del estándar educativo con el que se hubieran creado.

Agradecimientos

Los autores de este artículo pertenecen al Grupo de Investigación en Tecnologías de la Información y del Conocimiento (TIFYC) del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Alcalá y agradecen de forma especial al mismo su ayuda y apoyo en la construcción de SROA.

Referencias

- [IMS-DRI 03] IMS Digital Repositories Interoperability, IMS Global Learning Consortium, 2003. <http://www.imsproject.org/dri>
- [UTSA 07] Learnig Object Repositories, the University of Texas at San Antonio, 2007. <http://elearning.utsa.edu/guides/LO-repositories.htm>
- [MERLOT 07] Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching, MERLOT Home Page, 2007. <http://www.merlot.org/merlot/index.htm>
- [IMS-LOM 02] IEEE 1484.12.1: Learning Object Metadata (LOM), IEEE Learning Technology Standards Committee, 2002
- [CAREO 07] Campus Alberta Repository of Educational Objects, CAREO Home Page, 2007. <http://careo.ucalgary.ca/cgi-bin/WebObjects/CAREO.woa>
- [ARIADNE 07] Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Network for Europe, ARIADNE Home Page, 2007. <http://rubens.cs.kuleuven.ac.be:8989/silo/>
- [SOA 07] Service Oriented Architecture, 2007. <http://www.service-architecture.com/>
- [Otón et al. 05] Otón, S., Hilera, J.R., Gutiérrez, I., Ortiz, A. *Arquitectura orientada a servicios Web para la implementación de repositorios distribuidos de objetos de aprendizaje*. I SINTICE 2005. <http://cedi2005.ugr.es/simposios.shtml>
- [IMS-AF 03] IMS Abstract Framework, IMS Global Learning Consortium, 2003. <http://www.imsglobal.org/af/index.html>
- [SAAJ 07] SOAP with Attachments API for Java, Sun Microsystems, 2007. <http://java.sun.com/webservices/saaj/index.jsp>
- [UDDI 07] Universal Description, Discovery and Integration (UDDI). <http://www.uddi.org>
- [WSDL 01] Web Services Description Language (WSDL), World Wide Web Consortium, 2001. <http://www.w3.org/TR/wsdl>.
- [Systinet 07] Systinet Corporation, Systinet Home Page, 2007. <http://www.systinet.com/>
- [Tomcat 07] The Apache Software Foundation, Apache Tomcat Home Page, 2007. <http://tomcat.apache.org/>
- [JAR 07] Java Archive Files, Sun Microsystems, 2007. <http://java.sun.com/javase/6/docs/technotes/guides/jar/index.html>
- [SCORM 04] Shareable Content Object Reference Model (SCORM), ADL. 2004. <http://www.adlnet.gov/scorm/index.aspx>