

ONTOLOGÍAS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA RECUPERACIÓN EFICIENTE DEL CONOCIMIENTO

Antonio Martín*, Sonsoles Celestino, Adela Valdenebro, Julia Mensaque.

*Biblioteca Universidad de Sevilla, C/ San Fernando Nº 4, Sevilla 41004,
España,*

tfn. 954550981, fax. 954551135

toni@us.es, scelestino@us.es, avaldenebro@us.es, jmensaque@us.es

RESUMEN.

El volumen de información existente en Internet y en las Bibliotecas Digitales actuales, hace difícil la recuperación eficiente del conocimiento. La información consultada por el usuario, frente a la información recuperada mediante un buscador, no es satisfactoria.

Los investigadores han diseñado modelos para transformar la red desde un espacio de información a un espacio de conocimientos. Incorporando metadatos que contienen información adicional que permite hacer deducciones y posibilitando a los buscadores un tratamiento inteligente de la información. La idea es que los datos puedan ser utilizados y comprendidos por los ordenadores sin necesidad de supervisión humana.

Con el objetivo de optimizar las técnicas de búsqueda, se presenta un enfoque inteligente. Nuestro estudio analiza la relación entre ontologías e Inteligencia Artificial y comprueba que la aplicación de ambos factores, facilita la accesibilidad al conocimiento científico-técnico, a la vez que simplifica las búsquedas y mejora el proceso de recuperación de información.

PALABRAS CLAVES: *Sistemas Expertos, Protégé, Web Semántica, Ontologías, Inteligencia Artificial.*

1 INTRODUCCIÓN.

El diseño de sistemas que mejoren las prestaciones para con los usuarios, que amplíen sus expectativas sobre la precisión de la información recuperada y afine en la obtención de resultados satisfactorios es una necesidad. El desarrollo e implementación de ontologías y técnicas inteligentes de recuperación de información en las Bibliotecas Digitales, se ha convertido en un tema prioritario para suministradores de conocimiento. Mediante la utilización de técnicas de inteligencia artificial y el desarrollo de ontologías es posible mejorar los resultados de una consulta y ayudar al usuario para que el proceso de búsqueda de información sea más fácil y automático.

Actualmente, la WEB es un espacio preparado para el intercambio de información que consta básicamente de información representada en forma de texto. Los buscadores actuales realizan las búsquedas mediante palabras clave que aparecerán en el código HTML, dando lugar a un resultado que tratan o contienen los patrones solicitados y con información insustancial para el usuario. En una Web Semántica estructurada ontológicamente, los buscadores de Internet dejarán de arrojar millones de resultados indiscriminados, la mayor parte de ellos irrelevantes, y ofrecerán información cualitativa, muy parecida a la que puede seleccionar un especialista humano en la materia de búsqueda.

Estos problemas pueden resolverse solamente si se adoptan medidas para establecer, normas, vocabularios, orientaciones y reglas adecuados para facilitar la integración de datos de distintas procedencias y proceder a un intercambio efectivo de información. Para que esto pueda llevarse a cabo es necesario que el conocimiento de la Web esté representado de forma que sea legible por los ordenadores, esté consensuado, y sea reutilizable. Las ontologías proporcionan la vía para representar este conocimiento a través de: Conceptos, Relaciones, Funciones, Instancias y Axiomas.

En este contexto donde se plantea una Web en la que se codifica semánticamente el significado de la información y sea posible diseñar robots de búsqueda que "entiendan" los documentos y realizan procesos "inteligentes" de selección, extracción y tratamiento de la información, que realmente es relevante para el usuario. Es decir la habilidad de una máquina para resolver problemas bien definidos, a través de operaciones bien definidas, que se llevarán a cabo sobre datos bien definidos".

2 LA WEB SEMÁNTICA.

Existe la necesidad de reutilización de conocimiento, para hacer más eficiente esta automatización. Los sistemas actuales tienen limitaciones desde el punto de vista del modelo de datos, toma un solo punto de vista del mundo. Describe los objetos o instancias de interés, pero bajo una sola posible interpretación. Si uno quiere reutilizar algún término, se hace evidente que el término puede tener diferentes interpretaciones dependiendo del contexto. Para poder reutilizar el conocimiento complejo es necesario tener en cuenta los diferentes puntos de vista. Esto puede resolverse teniendo un entendimiento compartido que unifique los diferentes puntos de vista establezca unos propósitos de comunicación, interoperabilidad entre sistemas, posibilidad de reutilización, confiabilidad y especificación.

Para que esto sea posible se propone una nueva arquitectura denominada Web Semántica basada en 7 capas (1), cada una de las cuales aporta una serie de funcionalidades a la anterior, figura 1:

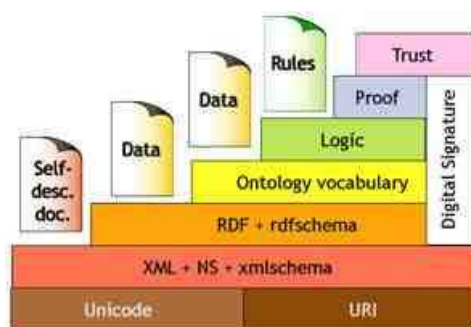


Figura 1. Web Semántica arquitectura

- **Unicode:** Estándar que permite la codificación de cualquier texto e idioma en un sistema informático. En otras palabras permite que los textos de diferentes idiomas sean interpretados y entendidos sin ningún problema.
- **URI:** Identifican de forma inequívoca cada recurso en Internet, son cadenas que posibilitan el acceso a cualquier recurso de la Web.

- Extensible Markup Language (XML) + NS + XMLSchema, permite describir la estructura y restringir el contenido de documentos XML, ofreciendo un formato común para el intercambio de documentos.
- RDF + RDFSchemata, ofrece una descripción semántica de los datos.
- Ontology Vocabulary, clasificar y extiende la funcionalidad de la Web Semántica agregando nuevas propiedades y clases para describir los recursos. El lenguaje OWL (2) expresa la expresividad necesaria para poder representar los diferentes dominios de conocimiento que podemos encontrar en la Web Semántica.
- Logic, posibilita las inferencias lógicas realizadas.
- Proof, ejecuta las reglas de la capa de lógica y comprobar su validez.
- Trust (Confianza), garantiza la confianza entre las distintas fuentes de información.
- Digital Signature (Firma digital), verifica que la información entre agentes o agentes y usuarios, se hace de forma confidencial e íntegra.

3 INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS.

Una ontología es una definición formal explícita y estructurada en taxonomías, de un dominio concreto de conocimiento que permitirá, simular que un ordenador manipula la información de manera funcionalmente parecida a como un humano entiende el lenguaje. Un buscador inteligente basado en la información semántica ontológica, busca estratégicamente la información relevante para la resolución de los patrones de búsqueda y desestima todos los recursos que no se ajusten al significado perseguido.

La Web Semántica dibuja un nuevo escenario tecnológico ideal en el que la información organizada ontológicamente y recorrida por agentes inteligentes deviene en conocimiento efectivo. Para el paso siguiente del proceso para culminar la Web Semántica es hacer factible el diseño de productos informáticos como los agentes inteligentes, que gestionen las necesidades de los usuarios humanos de manera ejecutiva, autónoma y adaptativa. En nuestro estudio hemos utilizado un agente inteligente basado en Case-Based Reasoning (CBR) (3). Para que todo esto sea posible son necesarias técnicas de representación del conocimiento como las ontologías. La Web semántica gira sobre la existencia de mecanismos que permiten definir de una forma homogénea y consensuada, la información semántica. Este tema de estudio es conocido en la Inteligencia Artificial bajo el nombre de Representación del Conocimiento.

Una forma frecuente de representar el conocimiento ha sido la utilización de Redes Semánticas. Podemos identificar diferentes tipos de redes semánticas: Redes Is-As, Redes de Marcos, Ontologías, etc. Estas últimas surgen las ontologías asociadas al desarrollo de la red semántica con el objetivo de disponer de mecanismos más adecuados que los anteriores y que permitan el entendimiento del conocimiento común a las diferentes partes, usuarios, programas y desarrolladores.

El término ONTOLOGIA viene del campo de la filosofía, y se define como la rama de la filosofía que se ocupa de la naturaleza y organización de la realidad,

es decir de lo que "existe". En el campo de la Inteligencia Artificial" es muy similar, lo que existe es aquello que puede ser representado" (4).

4 ONTOLOGIAS.

Una máquina no puede comprender la información que procesa en ningún sentido profundo de la expresión; sin embargo si los datos que procesa están estipulados semánticamente mediante ontologías, es posible que la Inteligencia Artificial simule la forma de razonar e inteligencia humana.

Una ontología se puede ver como un modelo de datos de conocimiento que especifica una conceptualización, una forma de ver al mundo, contiene definiciones que nos proveen del vocabulario para referirse a un dominio. Algunas de las características típicas de las ontologías y aplicables a las bibliotecas digitales son:

- Posibilidad de existencia de ontologías múltiples para combinar dos o más ontologías que introducen conceptualizaciones específicas.
- Abstracción de las ontologías para la creación de una red de ontologías para tener una descripción completa del mundo.
- Multiplicidad de la representación. Un concepto puede ser representado de muchas formas, por lo que pueden coexistir múltiples representaciones de un mismo concepto.
- Mapeo de ontologías para establecer relaciones entre los elementos de una o más ontologías, para establecer conexiones, especializaciones, generalizaciones, etc.

4.1 Creación de Ontologías.

Para la construcción de la ontología de nuestro sistema, hemos seguido los siguientes pasos (5):

Determinación del propósito y el ámbito de aplicación de la ontología. En primer lugar se ha elaborado de una ontología para facilitar la localización automática de distintos recursos on-line en la Biblioteca Digital, para que se pueda adaptar a diferentes necesidades, preferencias y niveles de conocimiento. Se incluyen recursos precedentes de diferentes fuentes: Fondo Antiguo, Catálogo, Web e Intranet.

Enumeración de los términos principales de la ontología. Existe un espacio de nombres base, donde se definen los conceptos fundamentales Colecciones, Recursos, Servicios, datos de usuarios, etc. En este apartado se identifican los conceptos fundamentales del dominio en que trabajamos y que debemos tener en consideración. Se establecen además las propiedades que permitan caracterizar y describir todos estos aspectos.

Definición de clases y jerarquía correspondiente. Las clases por sí solas no proporcionan la información suficiente, para responder a las preguntas planteadas en el primer paso de la construcción de ontologías, sino que es necesario establecer además la estructura interna de los conceptos y definir las características correspondientes a las propiedades: rango de valores permitidos, cardinalidad, etc.

Dentro de una ontología, las clases pueden formar jerarquías de herencia al igual que las clases de los lenguajes de programación Orientados a Objetos. De este modo cada clase hija heredará los atributos y relaciones de sus clases padre. La clase padre representará un concepto más abstracto del dominio que se podrá caracterizar en sus clases hijas, incluyendo nuevos atributos y relaciones con otras clases del dominio.

Creación de las instancias. Las instancias son los ejemplos concretos de una clase en la ontología. En este apartado se procederá a rellenar los valores de las propiedades de una clase determinada. En nuestro desarrollo se utiliza para este fin un Sistema Experto Basado en Casos, que se encarga de crear estas instancias, utilizando para ello los procesos de búsqueda y recuperación de datos realizados para los diferentes perfiles de usuarios.

5 WEB ONTOLOGY LANGUAGE (OWL)

Para poder explotar la Web semántica, se necesitan lenguajes de marcado apropiados que representen el conocimiento de las ontologías. W3C publicó una especificación denominada Resource Description Framework (RDF) (6), que sería la base de la mayoría de lenguajes ontológicos de la actualidad. Estos lenguajes permiten mediante relaciones taxonómicas, crear una jerarquía de conceptos.

A partir de RDF han surgido otras tecnologías con mayor expresividad y capacidad de razonamiento para representar los conocimientos que contienen las ontologías, con el fin de poder representar de la forma más potente posible el conocimiento de cada dominio. La más significativa es el lenguaje Web Ontology Language (OWL) es un lenguaje basado en RDF, el cual está llamado a ser uno de los ejes principales de la Web Semántica. De esta forma, existen ya herramientas como Protégé, OntoEdit o WebOnto para realizar anotaciones en páginas Web con los lenguajes de marcado propios. En nuestro trabajo hemos utilizado Protégé (7) para la creación y desarrollo de la ontología.

OWL se diseñó teniendo entre uno de sus objetivos, ofrecer un mecanismo común de representar el conocimiento en la Web, de forma que fuera posible procesarlo de forma automática. Por lo tanto, OWL está pensado para que sea “leído” por máquinas y no por humanos y que cuenta con numerosas ventajas: posibilidad de compartir ontologías “públicamente” accesibles, permitir la Evolución y compatibilidad de ontologías, capacidad de Integración de ontologías que representan un mismo concepto de formas diferentes, detección de inconsistencias, equilibrio entre expresividad y escalabilidad, etc. OWL está compuesto por diferentes capas o sublenguajes:

- OWL Lite: permite crear jerarquías de clasificación y restricciones sencillas.
- OWL DL: denominada así por permitir representar la Lógica Descriptiva (DL), está orientada a los casos en los que se necesita el máximo poder expresivo, pero sin perder por ello la completitud computacional de los sistemas de razonamiento.
- OWL Full: ofrece la máxima capacidad de expresividad, pero no garantiza que se puedan realizar razonamientos en tiempos computables.

Cada sublenguaje es una extensión del anterior, con un poder de expresividad mayor que el anterior, por lo que cualquier ontología OWL Lite es también OWL DL y OWL Full, sin embargo, lo contrario no es cierto.

6 OntoBUS: PROTOTIPO INTELIGENTE DE ACCESO A LA INFORMACIÓN.

La ontología de nuestro sistema incluye la definición de los conceptos y relaciones, necesarios para desarrollar servicios eficientes de búsqueda de información en el dominio de las bibliotecas universitarias. Los objetivos principales son proporcionar un marco para:

- Indizar mejor los recursos, incrementará la eficiencia y la coherencia;
- Recuperar mejor los recursos aumentando la funcionalidad para acceder a ellos.
- Incrementar la interacción dentro de la comunidad universitaria.

Debido a la gran cantidad de términos identificados, la ontología se organiza en varios espacios de nombres (o subontologías) que incluyen las propiedades, con sus vocabularios correspondientes, que pueden ser utilizadas para describir en más detalle las diferentes instancias de las clases más básicas:

Ontología de usuarios. La primera define las personas y sus relaciones con otros individuos. En esta subontología se incluyen las propiedades y clases relacionadas directamente con la caracterización de los usuarios del sistema. Los términos recogidos en este espacio de nombres se han extraído fundamentalmente de los modelos de datos recogidos por la Biblioteca Universitaria. El modelo identifica los elementos necesarios para describir las características de un (potencial) usuario, y que permite especificar determinadas preferencias de usuario, figura 2

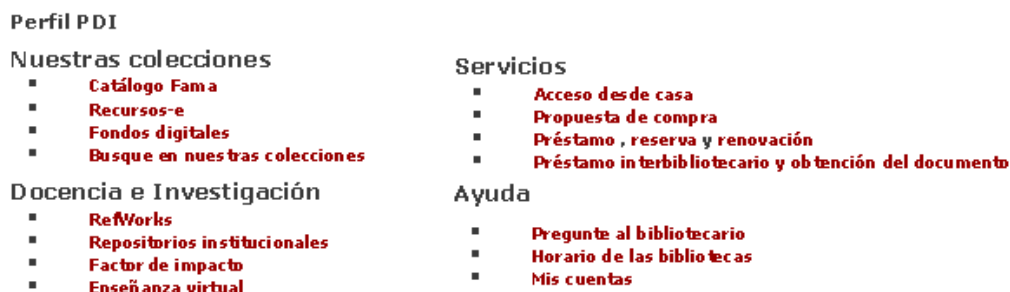


Figura 2.- Servicios y recursos relacionados con el perfil PDI

Dentro de este dominio, se identifican varios conceptos o clases que pueden ser denominadas de primer nivel y que representan los distintos tipos de usuarios de búsquedas.

- *Investigador*: Personal docente e investigador.
- *PAS*: Personal de Administración y Servicios de la Universidad.
- *Estudiantes*: Alumnos de primero y segundo ciclo de carrera.
- *Externo*: Usuarios que aunque no pertenecen a la comunidad universitaria, pueden circunstancialmente hacer uso de los recursos y servicios: alumnos y profesores visitantes, personal investigador externos, etc.

Ontología de Servicios. Esta segunda subontología localiza los servicios y recursos ofrecidos en un determinado espacio o área de trabajo. Permite

integrar términos que permiten realizar descripciones sobre los recursos y servicios ofrecidos desde las distintas plataformas disponibles. Comprende las entidades que imparten suministran recursos dentro del dominio específico de nuestra biblioteca. Estas propiedades y clases permiten especificar los datos correspondientes a los recursos y servicios, como puedan ser: tipo de proveedor, datos identificativos, estructura de la información, recursos ofrecidos, etc.

7 ARQUITECTURA DEL SISTEMA.

El objetivo fundamental de OntoBUS es servir como soporte a un sistema de búsqueda en el campo de las bibliotecas digitales. La Figura 3 presenta las distintas entidades que forman parte de la arquitectura del sistema.

El elemento básico del Onto-Buscador es la Base de Conocimiento, que incluye toda la información recogida e inferida por el sistema tanto de los recursos y servicios ofrecidos como de los propios usuarios. Esta información consiste en declaraciones OWL que utilizan los términos definidos en OntoBUS. Sobre esta información es posible realizar búsquedas complejas, utilizando un lenguaje de consultas sobre instancias de ontologías, para recuperar exactamente la información en la que estamos interesados (8).

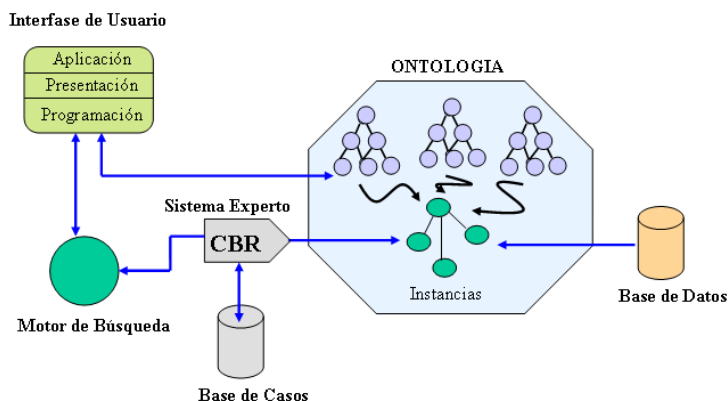


Figura 3. Arquitectura del Sistema

Agente para la interfaz Web e interfaz Web: El sistema proveerá una interfaz Web para acceso a los usuarios. Esta interfaz Web permitirá conexiones mediante cualquier tipo de navegador Web. Se contemplará el desarrollo de esta entidad mediante tecnología Java basada en ejecución de servlets.

Base de casos: Esta entidad almacenará todos los casos del sistema experto, definidos a través de las sucesivas búsquedas expertas.

Base de datos: Sirve como implementación del alojamiento de forma permanente de la base de casos y contiene las tablas de definición de perfiles de usuarios para la habilitación de políticas de acceso al sistema.

Ontología: Contiene la taxonomía de los distintos conceptos que emplean los profesionales bibliotecarios y que servirán como base para la realización de las búsquedas. La estructura del caso definido por el experto será consistente con esta ontología y tendrá una correspondencia directa con las búsquedas efectuadas

Agente para la gestión de la información: Este agente se ha implementado mediante la plataforma de desarrollo jCOLIBRI (9), que permite crear aplicaciones CBR (Razonamiento Basado en Casos), de una forma rápida y

sencilla. Se encarga de implementar los métodos de acceso a la base de casos, métodos de acceso a la base de datos que aloja físicamente la base de casos, métodos de correspondencia entre casos de la base de casos y tablas de la base de datos y por último métodos de presentación de información relativa a los casos que estarán disponibles para el agente de la interfaz Web.

Sistema Experto Basado en Correspondencia de Casos (CBR): Se utiliza como paradigma de inteligencia artificial la organización del conocimiento en casos provistos por un experto y dotados de una estructura común, que será definida por el ingeniero del conocimiento.

El uso de jCOLIBRI como entorno de construcción de sistemas de razonamiento basado en casos (CBR), se justifica por ser un sistema implementado en Java, de código abierto, fácilmente adaptable y/o extensible a entornos específicos y actualmente soportado por el grupo investigación GAIA de la Universidad Complutense de Madrid. Es un Shell de desarrollo software que incluye una interfaz gráfica de usuario (GUI), que posibilita de forma tutelada la construcción de sistemas CBR. En una primera fase permite obtener resultados sin tener que recurrir a la programación directa del sistema experto aunque hubo que realizar ajustes en el código para personalizar el entorno a las necesidades de nuestro sistema.

8 FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA.

Una vez desarrollada nuestra ontología, procederemos a la creación de las instancias correspondientes. Dada la bastedad de conocimiento existen en el dominio, una clasificación manual de estas instancias en las clases establecidas dentro de la ontología sería una tarea sumamente costosa. Por lo tanto se buscó una manera de poder automatizar este proceso, recurriendo al aprendizaje supervisado, en el que mediante técnicas inteligentes se puede conseguir una clasificación automática de los contenidos. El objetivo es ir recogiendo las nuevas búsquedas realizadas, archivarlas en la base de datos de casos, para posteriormente, ante nueva situación similar poder recuperar la información en función, a través del Sistema Experto Basado en Casos (CBR).

En un primer momento, para la fase de pruebas solamente se trabajó con un pequeño dominio de pruebas. La colección de experimentación utilizada consistió de 500 documentos, previamente clasificadas en 4 clases tomadas de la ontología desarrollada. Las 4 clases consideradas son solamente una muestra representativa de las existentes en la ontología y fueron tomadas con fines de prueba.

Se trata de agilizar las búsquedas realizadas sobre los recursos pertenecientes a la biblioteca digital, optimizando el resultado de estas búsquedas, a través de las ontologías y los perfiles inteligentes de usuarios. Para ello se ha creado una interfase inteligente que permitirá a cada tipo de usuario seleccionar un perfil de búsqueda individual o colectivo. Cuando se accede por primera vez a nuestra aplicación, aparecerá por defecto una primera aproximación de búsqueda a distintos recursos seleccionados para un determinado perfil.

Una vez obtenida una primera aproximación al perfil individual de la colección de posibilidades, se aplica un método de clasificación automática para generar

XV JORNADAS BIBLIOTECARIAS DE ANDALUCÍA

los elementos. El usuario, puede cambiar las posibilidades de búsqueda, ajustando los valores que posibilita la interfaz Web.

El mejor resultado se obtiene de las opciones utilizadas y seleccionadas por los usuarios en sus distintos perfiles de búsqueda. Esta primera interfaz ofrece la posibilidad de seleccionar materias, estudios o titulación, sobre la que queremos centrar nuestro dominio. Tras los primeros ajustes de búsqueda, podemos proceder a la realización y selección de los resultados en función de unos patrones de entrada, figura 4:

The screenshot shows the 'OntoBUS - Buscador Ontológico' interface for the 'Biblioteca Universidad de Sevilla'. The user profile is set to 'Estudiantes' (Students). The interface includes several filter sections:

- Aprendizaje e Investigación:** Cursos introductorios, Guías y tutoriales.
- Nuestras Colecciones:** Buscar en nuestras colecciones.
- Otros:** Espacio Europeo de Educación Superior, Contenido de interés en el Portal Institucional.
- Patrones de Búsqueda (máximo 358 caracteres):** A search box containing 'base de datos Economic Literature Index' and a '310' character count.
- Servicios:** Lugares de estudio, Conexión wifi, Propuesta de compra de documentos.
- Ayuda:** Guía de servicios para estudiantes, Horarios de las bibliotecas y localización, Preguntas más frecuentes.

A 'BUSCAR' button is located at the bottom of the search area.

Figura 4.- Resultados de perfil Estudiantes

La presentación de opciones de búsqueda inicial en los distintos perfiles, es dinámica. Es decir se va modificando en función de las distintas búsquedas efectuadas por usuarios anteriores, pueden ir apareciendo nuevas opciones o desapareciendo algunas que había. Cuando un usuario entra en un perfil determinado, las opciones que aparecen se forman de forma dinámica a partir del análisis de búsquedas realizadas en usos anteriores. Se hace un análisis de todas las operaciones realizadas por usuarios expertos y en función de estas se crea de nuevo el perfil. Para la obtención de dicho análisis se utiliza una Base de Datos, que contiene información de interés referente a los distintos perfiles existentes en nuestro buscador.

Se ha considerado un método de clasificación automática basada en una aplicación software, que realiza una serie de cálculos matemáticos y estadísticos, para la construcción de una interfaz gráfica, considerando las ponderaciones obtenidas para cada opción. Se utiliza programación php; los resultados mostrados en la siguiente figura 5 corresponden a las opciones existentes en los perfiles de usuarios, mostrando el porcentaje de elementos bien clasificados.

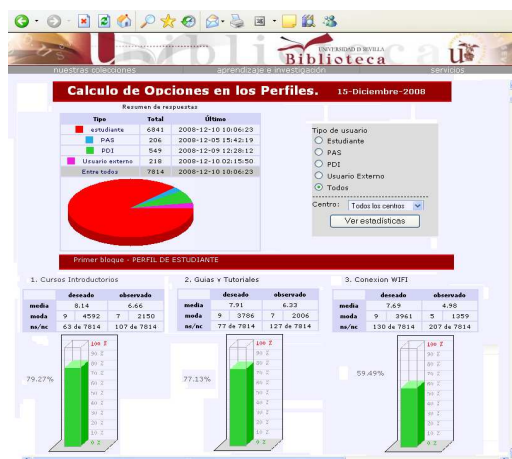


Figura 5.- Análisis matemático de las opciones de un Perfil

Asimismo se permitirá guardar nuestro perfil de búsqueda, para lo que deberemos darnos de alta como usuarios. Este perfil de búsqueda individual, será únicamente modificable por nosotros y no variará en función del análisis común. Toda la información correspondiente a los distintos tipos de usuarios se almacena en una Base de datos.

8. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

En este artículo se ha descrito OntoBUS una ontología, desarrollada en OWL, que integra elementos o términos definidos en distintos modelos de datos estandarizados existentes en el dominio de las Bibliotecas Universitarias. La ontología se ha desarrollado utilizando técnicas de la Web Semántica y la inteligencia artificial. Proporciona un modelo común para expresar información relacionada con servicios ofrecidos desde las bibliotecas. Las instancias de las clases y propiedades definidas pueden ser utilizadas para formular consultas complejas y recuperar de forma más estricta la información. Un papel fundamental desempeña la herramienta para la creación de sistemas expertos jCOLIBRI y la herramienta para el desarrollo de ontologías Protégé.

Se utiliza un sistema experto tipo CBR para fortalecer y actualizar los métodos de caching. Las fuentes de información provienen de la Biblioteca Digital de la Universidad de Sevilla compuesta por el Catálogo Colectivo del Patrimonio Bibliográfico, la Web de la Biblioteca, la Intranet, el Fondo Antiguo, Fondo Tesis y Fondos Fototeca, que constituyen una ontología o un conjunto de ontologías, que forman parte de una Web semántica de carácter bibliográfico-cultural de nuestra Universidad.

Para finalizar comentar que este proyecto forma parte del programa de accesibilidad al conocimiento científico, dentro del Plan Estratégico 2008-10 de nuestra Biblioteca Universitaria, que pretende apoyar la estrategia de “acceso al conocimiento” a través de la mejora de los niveles de búsqueda. Asimismo como trabajos futuros se propone la integración y explotación de información procedente de otras bibliotecas digitales y servicios, perfeccionar el motor de búsquedas CBR y agregar nuevas funcionalidades a la interfase de usuarios del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. TANIAR, D. AND WENNY RAHAYU, J.. Web semantics and ontology. [edited by]. Hershey, PA: Idea Group Pub, 2006.
2. JEFF HEFLIN, "OWL Web Ontology Language Use Cases and Requirements", W3C Recommendation, Word Wide Web Consortium, [en línea]. [Consulta: 25 de junio de 2009], <http://www.w3.org/TR/webont-req/>.
3. TOUSSAINT, J., & CHENG, K. Web-based CBR (case-based reasoning) as a tool with the application to tooling selection. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006. 29(1-2), 24-34.
4. CURRÁS, Emilia Ontologías, taxonomía y tesauros: manual de construcción y uso. (2005). Gijón : Trea, D.L.
5. STAAB, S. AND STUDERR, R. Handbook on Ontologies, International Hanbooks on Information Systems, 2005. Berlin : Springer, p. 617.
6. W3C, RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema [en línea]. [Consulta: 01 de junio de 2009]. <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>.
7. PROTÉGÉ, The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System [en línea]. [Consulta: 15 de junio de 2009]. <<http://protege.stanford.edu/>>.
8. GOMEZ-PEREZ, A., CORCHO O, FERNANDEZ-LOPEZ M., Ontological Engineering: Advanced information and knowledge processing, Berlin: Spinger, 2003.
9. GRUPO GAIA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Distribución del entorno de desarrollo jCOLIBRI con licencia LGPL [en línea]. [Consulta: 19 de junio de 2009], <http://gaia.fdi.ucm.es/grupo/projects/jcolibri/index.html>.