

La web semántica y sus posibles aplicaciones en el ámbito universitario

Semantic Web and its Possible Applications in the University Environment

JUAN CARLOS GUEVARA BOLAÑOS

Ingeniero de Sistemas de la Universidad Central de Bogotá, Especialista en Auditoría en Sistemas de Información de la Universidad Católica de Colombia y Especialista en Sistemas de Información de la Organización en la Universidad de los Andes, estudiante de Maestría en Ciencias de la Información y las Telecomunicaciones en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Coordinador del grupo de investigación Metis. Docente investigador adscrito a la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital FJC.
jguevarab@udistrital.edu.co

HÉCTOR FLÓREZ FERNÁNDEZ

Ingeniero Electrónico e Ingeniero de Sistemas de la Universidad El Bosque de Bogotá, estudiante de Maestría en Ciencias de la Información y las Telecomunicaciones de la Universidad Distrital.
hectorarturo@yahoo.com

SONIA ALEXANDRA PINZÓN NUÑEZ

Ingeniera de Sistemas de la Universidad Antonio Nariño de Bogotá, Especialista en Multimedia Educativa de la Universidad Antonio Nariño, Especialista en Educación en Tecnología de la Universidad Distrital, estudiante de Maestría en Ciencias de la Información y las Telecomunicaciones en la Universidad Distrital y docente investigadora del grupo Metis, adscrito a la Facultad Tecnológica de la misma universidad.
spinzon@udistrital.edu.co

JOSÉ NELSON PÉREZ CASTILLO

Ingeniero de Sistemas de la Universidad Distrital, Especialista en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección de la Universidad de Alcalá de Henares, Especialista en Sistemas de Información Geográfica y Magíster en Teleinformática de la Universidad Distrital, Doctor en Informática de la Universidad de Oviedo, coordinador del Grupo Internacional de Investigaciones en Informática Comunicaciones y Gestión de Conocimiento (GICOGE), adscrito a la Universidad Distrital.
nelsonp@udistrital.edu.co

ÁLVARO ESPINEL

Ingeniero Eléctrico de la Universidad Nacional de Colombia, Magíster en Teleinformática de la Universidad Distrital, docente investigador del grupo GICOGE, adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital.

Clasificación del artículo: reflexión

Fecha de recepción: 29 de noviembre de 2005

Fecha de aceptación: 13 de octubre de 2006

Palabras clave: Web inteligente, Web semántica, servicio Web, servicio Web semántico, metadato, ontología, coreografía, orquestación.

Key words: intelligent Web, semantic Web, Web service, semantic Web service, metadata, ontology, choreography, orchestration.

RESUMEN

Las organizaciones actuales necesitan estar a la vanguardia de la tecnología para ser competitivas; para ello, deben tener la capacidad de ofrecer servicios acordes con los requerimientos de los usuarios y las condiciones de su entorno. En este ámbito, los servicios Web son una alternativa que se ha consolidado como una tecnología necesaria para el trabajo en Internet. En este artículo se hace una descripción de los conceptos relacionados con la *Web inteligente*, específicamente de la *Web semántica*, y se reflexiona acerca de su posible aplicación en el ámbito universitario para cubrir tres aspectos: la investigación, la extensión y algunos procesos académicos.

ABSTRACT

The current organizations need to use the vanguard technology to be competitive; for that, they must have the capability to offer services according to requirements of clients and the environmental conditions. In this field, the Web services are a good alternative, because they have had consolidating like a necessary technology to work in internet. In this paper we provide a description about the concepts related with Intelligent Web, specifically the semantic Web, and reflex about their possible application in the university environment, covering three topics: the research, the extension activities and the academic register.

* * *

1. Introducción

La educación superior en Colombia busca mantener altos niveles de calidad [1]; para ello, debe estar a la vanguardia de los avances científicos y tecnológicos, apropiando nuevas tecnologías y conceptos que le permitan alcanzar un estado de desarrollo acorde con las necesidades de su entorno. Conceptos como *Web inteligente* y *servicios Web semánticos* son una forma de incorporar dichas tecnologías al quehacer universitario.

En un ambiente cada vez más competitivo las universidades necesitan generar resultados con rapidez, y atender las necesidades de sus actores y su entorno; para ello, requieren mecanismos que les permitan encontrar y publicar la información adecuada, para verificar o convalidar los resultados obtenidos. El uso de herramientas tecnológicas que permitan difundir y mantener vínculos estratégicos se convierte en as-

pecto trascendental; la aplicación de conceptos como servicios Web semánticos incorpora características para obtener información con amplia eficiencia.

El uso de los *servicios Web* de por sí trae grandes ventajas. La capacidad de poder combinar varios servicios en *procesos Web* es uno de los aspectos clave para maximizar las potencialidades individuales de las organizaciones, a través de la integración de datos y aplicaciones; esto es algo que, en general, se conoce como composición o colaboración de servicios. Una de las áreas en que la composición de *servicios Web* tiene mayor eco es la *Web semántica* [2]; allí se trabaja para complementar el conjunto actual de protocolos de servicios agregando a ellos y a sus diferentes interacciones (composiciones) una descripción semántica, para que puedan ser objeto de análisis, razonamiento y manipulación automática por parte de agentes software.

En este artículo se hace una comparación entre la *Web actual* y la *Web semántica*, señalando los aspectos más relevantes que las caracterizan; luego se hace una descripción de los aspectos más importantes de los *servicios Web* y los *servicios Web semánticos*, y para finalizar presentan varias propuestas de aplicación en el contexto universitario basadas en estas tecnologías.

2. Web actual vs. Web inteligente

La aparición de Internet se sitúa en 1989, cuando T. Berners-Lee presentó su proyecto de *World Wide Web* en el CERN (Suiza), con las características esenciales que perduran en estos días. Berners-Lee completó en 1990 el primer servidor Web y el primer cliente [3], y un año más tarde publicó el primer borrador de las especificaciones de HTML y http [4].

El lanzamiento al mercado del primer navegador de dominio público de Internet en 1993 marca el momento en que la Web se da a conocer al mundo, extendiéndose primero en universidades y laboratorios, y en cuestión de meses al público en general, para así iniciar el que sería su vertiginoso crecimiento [5]. A partir de este momento, el crecimiento de la información que se manipula en la Web se ha multiplicado y ha generado la necesidad de desarrollar sistemas capaces de buscar información útil para los usuarios. La mayoría de estos sistemas se basan en búsqueda por palabras claves, lo que puede generar respuestas que no corresponden a las necesidades de los usuarios.

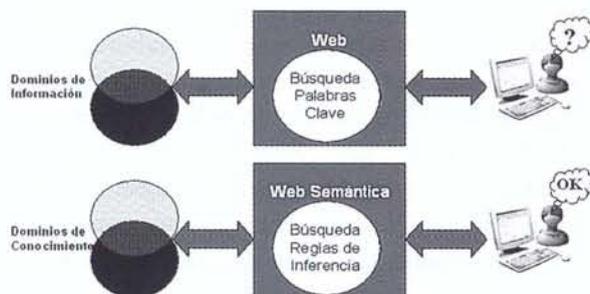


Diagrama 1. Búsqueda en la Web. Una comparación

Organizaciones como el W3C (Consortio World Wide Web) [6] han hecho investigaciones y destinado recursos para desarrollar tecnologías y especificaciones tendientes a mejorar las técnicas de búsqueda, la integración de servicios y otros recursos disponibles en la Web.

La integración de la semántica en la Web ha permitido agregar notaciones semánticas que harán que los sistemas puedan interactuar automáticamente, con gran beneficio para los usuarios. Berners-Lee tenía la visión de la Web que hoy se conoce; él pensó en una red de recursos que permitiera programar agentes [7] que navegaran un número infinito de sitios para obtener la información requerida, sin indicarles en dónde obtenerla o el significado de cada recurso, transformando luego esa información a un formato fácilmente entendible. Esa Web, que aún se encuentra en una fase de desarrollo, se conoce como la *Web semántica* [8].

La característica principal de la Web es la universalidad y su capacidad de conectar cualquier tipo de información con otra a través de hipertexto; con la Web semántica se pretende adicionar elementos a la Web actual, que permitan procesar los datos automáticamente haciendo uso de técnicas inteligentes [9].

La Web semántica se basa en dos conceptos fundamentales [5]:

- La descripción del significado que tienen los contenidos en la Web.
- La manipulación automática de estos significados.

La descripción del significado requiere conceptos ligados a:

- La semántica, entendida como significado procesable por máquinas.
- Los metadatos [9], como contenedores de información semántica sobre los datos.
- Las ontologías, o conjunto de términos y relaciones entre ellos que describen un dominio de aplicación concreto.

En la tabla 1 se observan las principales diferencias entre la Web actual y la semántica.

Característica	Primera generación	Segunda generación
Lenguaje principal	HTML	XML
Forma y estructura	Documentos no estructurados	Documentos estructurados
Semántica	Semántica implícita	Etiquetado explícito (metadatos, Web semántica)
Relación entre contenido y forma	HTML = fusión de forma y contenido	Estructura en capas de forma y contenido: XML + transformación (por ejemplo XSL) a HTML, WML, PDF, u otros formatos
Editabilidad	Documentos estáticos	Documentos dinámicos
Descomponibilidad y recomponibilidad	Sitios Web monolíticos, independientes	Bricolaje (agregación), sindicación, reasignación de contenido
Interactividad	Medio de difusión unidireccional	Web editable, bidireccional
Audiencias	Para consumo humano	Para humanos y ordenadores (por ejemplo servicios Web)
Control de producción	Centralizado	Descentralizado (<i>peer-to-peer</i> P2P)

Tabla 1. Diferencia entre la Web actual y la Web semántica [10]

De la tabla 1 puede deducirse que la Web semántica es una extensión de la Web actual y permite manejar nuevas tecnologías para facilitar el uso de los recursos de Internet. Debe tenerse en cuenta que actualmente se han incorporado nuevos conceptos, por ejemplo, el lenguaje OWL (*Ontology Web Language*), que permite generar un lenguaje ontológico para la implementación de servicios Web semánticos; además, las descripciones de los documentos entre contenido y forma se hacen por medio de WSDL (*Web Service Definition Language*), y los conceptos de descomponibilidad y recomponibilidad se han madurado para generar los de composición, orquestación y coreografía [2]; asimismo, las audiencias que la Web semántica pretende manejar hacen referencia a los agentes (humanos y de software).

En el diagrama 2 se muestran las diferentes capas que conforman la pila de la Web semántica.

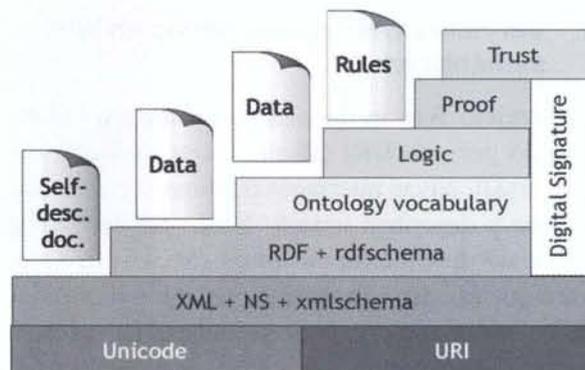


Diagrama 2. Capas que conforman la pila de la Web semántica [11]

En el diagrama 2 citado se puede observar la capa *Unicode*, que corresponde a la universalización de los caracteres para los contenidos y lenguajes de programación, y los URI (*Uniform Resource Identifiers*), que permiten identificar los recursos en la Web. Además, se utiliza el XML (*eXtensible*

Markup Language), como lenguaje común de publicación que permite la compatibilidad entre todo tipo de dispositivos y programas. El RDF (*Resource Description Framework*) agrega el etiquetado de información semántica que permite a los dispositivos transmitir datos y entenderlos, para comunicarlos a otros dispositivos y a las personas; el conjunto incluye un sistema generalizado de firma y encriptación que define la autoría de contenidos, fechas de modificación, permisos y accesos, entre otros.

Según Berner-Lee, las ontologías conforman la base central de la Web semántica y representan una visión común, compartible y reutilizable de un dominio de aplicación, y se emplea para dar significado a la estructura de información que intercambian los sistemas de información. Una ontología es esencialmente un modelo conceptual de información formal y estructurada [12]. El nivel lógico incorpora el conjunto de reglas sobre las que deben trabajar los agentes para hacer uso de los datos, y las capas de pruebas (*proof*) y confianza (*trust*) se encargan de la evaluación y validación de las reglas del nivel lógico.

3. Servicios Web versus servicios Web semánticos

Un servicio Web es un sistema de software identificado por una URI (Identificador de Recursos Universal), cuyas interfaces públicas y enlaces se definen y describen usando XML. Su definición puede ser descubierta por otros sistemas de software que pueden interactuar con el servicio Web en la forma prescrita por su definición, usando mensajes basados en XML a través de estándares de Internet [13].

Las descripciones en XML de un servicio Web tienen uno u otro significado dependiendo del contexto en que se encuentren. Por ejemplo, si existe un servicio en la Web que hace conversiones de moneda, éste puede tener un significado diferente dependiendo de la moneda que se desea convertir; en este caso, un agente de software no podría distinguir cuál es el servicio más apropiado por ejecutar (por ejemplo, una conversión a pesos

colombianos); las descripciones semánticas cubren esta carencia, agregando datos sobre el servicio, su funcionalidad y sus parámetros, entre otros. Así, el uso de la semántica para describir servicios solventa el problema de interoperabilidad de los sistemas, basados en la UDDI (*descripción, descubrimiento e integración universales*).

A partir de las propuestas de la Web semántica se creó el lenguaje ontológico de orden superior DAML-S [14], para la descripción semántica de servicios Web, que más tarde evolucionó a OWL-S basado en los lenguajes de marcado semántico DAML (referencias) y OWL [15], respectivamente. De esta forma es posible describir semánticamente las capacidades de los servicios Web que permiten que agentes de software lean las descripciones y razonen sobre la forma de interactuar con los servicios que describen. Sin embargo, aún no ha sido posible un uso masivo de las plataformas y motores necesarios para la ejecución de tales servicios.

La semántica que se agrega a los servicios es de descripción explícita; ella se adiciona por medio de metadatos, utilizando ontologías. Aunque la especificación actual de servicios Web contiene metadatos en su descripción, éstos no se consideran semánticos, porque no están relacionados con ontologías; estas últimas permiten la selección, integración e invocación dinámica de servicios, dotándolos de la capacidad de reconfigurarse o componerse dinámicamente, para adaptarse a los cambios sin intervención humana [2].

3.1 Arquitectura de servicios Web

La arquitectura de servicios Web SOA está conformada por tres capas: transporte, descripción y descubrimiento; cada una se basa en los protocolos desarrollados para los servicios Web y pueden integrarse en dos tipos de actores: cliente y proveedor.

- La capa de transporte se basa en un conjunto de mensajes generados en ella con la estructura SOAP (*Simple Object Access Protocol*), que se basa en XML para el intercambio de informa-

ción. Para enviar los mensajes generados puede usarse el protocolo http.

- La capa de descripción utiliza el WSDL para describir los métodos del servicio y define como invocarlos por medio de SOAP. Un archivo WSDL puede definirse como un documento XML que describe un conjunto de mensajes SOAP y la forma como éstos intercambian información.
- La capa de descubrimiento utiliza los UDDI para almacenar la información sobre empresas y servicios que éstas ofrecen de manera estructurada. Por medio de estos identificadores, un servicio puede darse a conocer para que sea utilizado por la comunidad Web. Cuando se ha implementado un servicio Web, éste debe registrarse para que pueda ser encontrado y utilizado por otros sistemas.



Diagrama 3. Arquitectura de servicios Web

3.2 Orquestación y coreografía

Componer servicios significa establecer mecanismos que permitan a dos o más de ellos cooperar entre sí para resolver requisitos que van más allá del alcance de sus capacidades individuales.

- Orquestación. Un proceso Web es de orquestación de servicios, cuando es controlado en su totalidad por una única entidad, que define com-

pletamente las interacciones con los servicios componentes y la lógica requerida para realizar transacciones. El proceso puede entenderse como privado y ejecutable; privado, porque la definición de la lógica del proceso es hecha enteramente por un participante en la interacción; ejecutable porque tiene un comportamiento de conversión de entradas en salidas y efectos en el mundo real [2].

- Coreografía. Un proceso Web es de coreografía de servicios cuando define las colaboraciones entre cualquier tipo de aplicaciones componentes, independientemente del lenguaje de programación o de la plataforma de soporte de cada una; el proceso no es controlado por uno solo de los participantes de la interacción. La coreografía puede entenderse como un proceso público y no ejecutable; público, porque define el comportamiento común y globalmente visible entre los diferentes participantes en una interacción; no ejecutable, porque no está pensado para ser llevado a cabo, sino para actuar como un protocolo de negocio que dicta reglas de interacción que deben ser cumplidas por las entidades participantes [2].

3.4 Ontologías

Una ontología es una jerarquía de conceptos con atributos y relaciones que define una terminología consensuada para definir redes semánticas de unidades de información interrelacionadas. Proporciona un vocabulario de clases y relaciones para describir un dominio, enfatizado en la comparación del conocimiento y el consenso en su representación.

Las ontologías proveen una comprensión compartida y consensuada del conocimiento de un dominio que puede ser comunicada entre personas y sistemas heterogéneos; fueron desarrolladas en el área de Inteligencia Artificial (IA) para facilitar el intercambio y reuso del conocimiento [16]. Ellas se implementan por medio de RDF y OWL; este último, es definido por el W3C como un lenguaje de representación del conocimiento descriptivo y basado en lógica.

Actualmente, se han desarrollado entornos gráficos para visualizar y construir ontologías como Kaon, WebODE o Protege; este último, desarrollado en la Universidad de Stanford, es la herramienta de construcción más empleada actualmente [17].

4. Propuestas de aplicación de la Web semántica

A continuación, se describen tres propuestas para incorporar los conceptos de *Web semántica*, específicamente los servicios *Web semánticos* al ambiente universitario, con el propósito de gestionar las actividades de investigación, extensión a la comunidad circundante y procesos académicos.

4.1 Propuesta de gestión de actividades de investigación

En el mundo moderno, caracterizado por la globalización y el uso intensivo de tecnología, comunicaciones e información, se ha consolidado la denominada *sociedad del conocimiento*; el concepto, acuñado a principios de la década del noventa, pretende dar cuenta del creciente valor económico y social del binomio conocimiento-información, frente a un modelo económico anterior que era medido en términos de productividad de los bienes materiales. El concepto corresponde a la sociedad postindustrial, más concentrada en la generación de conocimiento científico y tecnológico que en el trabajo manual y mecánico, propio de las eras agrícola e industrial.

En este contexto, las universidades deben redimensionar los espacios para la producción, difusión y transferencia del conocimiento utilizando la investigación como instrumento de cambios significativos. Esto implica la concepción de un proceso académico que defina estrategias para potenciar la investigación, diseñe formas para difundirla y plantee alternativas para su asociación con la docencia.

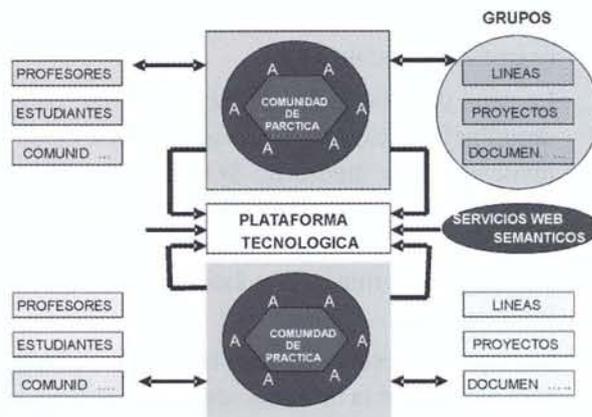


Diagrama 4. Un modelo de universidad en la sociedad actual

Lo anterior muestra la necesidad de trabajar alrededor de modelos de gestión de conocimiento y de plataformas tecnológicas que estén en capacidad de soportarlos. Los servicios Web semánticos ofrecen grandes posibilidades técnicas para facilitar la difusión del conocimiento generado por los actores principales de los procesos de investigación universitaria: los grupos de investigación.

El modelo de gestión de conocimiento será la base del esquema funcional que permita la interacción entre los grupos de investigación y los demás actores que pueden alimentarse del conocimiento producido, facilitando la interacción de los actores internos (profesores y estudiantes) y externos (redes de conocimiento, empresas, colegios y entidades del gobierno) que intervienen en el trabajo que desarrollan los grupos de investigación.

El esquema funcional y el modelo de gestión de conocimiento definirán las características y requerimientos que deberá satisfacer la plataforma tecnológica. El modelo de plataforma tecnológica brindará los escenarios para almacenar y difundir el conocimiento producido y ponerlo a disposición de los integrantes de las comunidades interesadas; tendrá como base servicios Web semánticos que faciliten esta difusión.

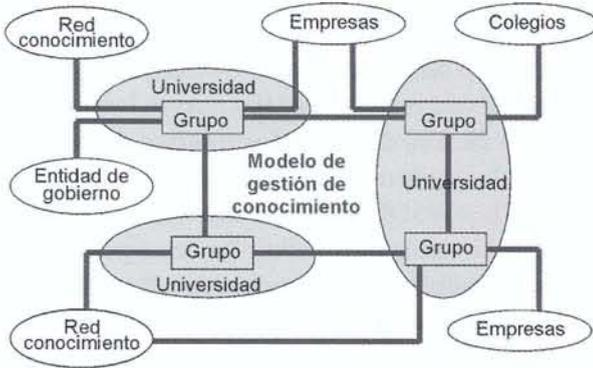


Diagrama 5. Esquema funcional propuesto para la gestión de actividades de investigación

4.2. Propuesta para la gestión de servicios de extensión a la comunidad

Si bien para las empresas de la sociedad industrial el conocimiento era un elemento valorado ahora, para las empresas de la nueva economía, el conocimiento incorporado en sus bienes o servicios es la fuente principal de su actividad empresarial y el elemento que marca la diferencia con respecto a otras empresas.

En la actualidad, las unidades de extensión a la comunidad de las universidades ofrecen sus servicios mediante portafolios o sitios Web, sin disponer de una plataforma colaborativa que les permita integrarse para difundir y recibir conocimiento; esto ocasiona que haya duplicidad de esfuerzos en áreas comunes de interés.

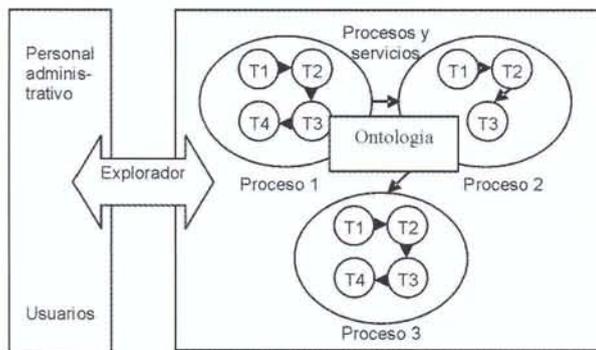


Diagrama 6. Modelo de gestión de servicios de extensión a la comunidad con servicios Web semánticos

La propuesta que aquí se presenta pretende desarrollar e implementar un prototipo de difusión de servicios de extensión basado en servicios Web semánticos que permita difundir el conocimiento generado en esta área, a partir de un modelo de gestión. En el diagrama 6 se muestra una primera versión de la integración de la propuesta.

Inicialmente es necesario definir un esquema funcional, para identificar los actores que intervienen en los procesos característicos del área; luego, diseñar una ontología para que estos servicios puedan ser difundidos mediante servicios Web semánticos, para que usuarios y demás participantes intercambien conocimiento.

4.3. Propuesta para la gestión de procesos académicos

La gestión del registro académico de una universidad comprende procesos como inscripción, asignación de horarios y asignación de espacios físicos, entre otros. El modelo que se propone tiene como objetivo ejecutarlos por medio de servicios Web semánticos, adicionándoles nuevas cualidades y potencialidades. El modelo responde a un sistema de universidad virtual que se puede representar mediante los esquemas de las figuras 7 y 8.



Diagrama 7. Modelo de universidad virtual

El subsistema de gestión de registro académico se localiza en el módulo de gestión administrativa y debe tener una interacción directa con los módulos de cursos en línea y de comunicaciones sincrónicas.

El modelo propuesto debe contar con los siguientes procesos:

- Inscripción de estudiantes a las asignaturas de su interés; ella podrá tener criterios de selección basados en aspectos como hoja de vida del aspirante, resultados obtenidos y resultados estadísticos.
- Asignación de espacio virtual, con base en aspectos como número de usuarios (estudiantes más docentes) de un curso, disponibilidad de tiempo de usuarios y recursos computacionales como ancho de banda y capacidad de acceso.
- Evaluación: con base en sus resultados pueden inferirse perfiles y predecir el rendimiento de nuevos estudiantes.
- Generación de bases de conocimiento con base en los procesos y resultados obtenidos por el sistema.
- Clasificación de estudiantes con base en perfiles de usuarios, calificaciones de usuarios anteriores y aptitudes y habilidades de usuarios por clasificar. La intención es acercar a los estudiantes a los temas de mayor interés y para los que tiene mayor aptitud.

La integración de los anteriores conceptos permite plantear el modelo del diagrama 8.

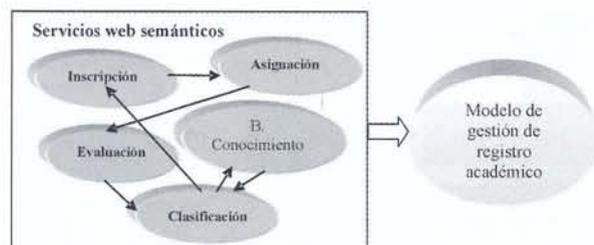


Diagrama 8. Modelo de gestión de registro académico basado en SWS

5. Conclusiones

- La Web semántica es una extensión de la Web actual que permite manejar nuevas tecnologías para facilitar el uso de los recursos de Internet involucrando nuevos conceptos, como lenguajes OWL y WSDL; ellos permiten generar un lenguaje ontológico y definir las descripciones de los documentos entre contenido y forma para la implementación de servicios Web semánticos.
- Los servicios Web semánticos aportan a los servicios Web tradicionales el manejo de ontologías para coordinar la orquestación y composición de servicios ante el requerimiento de un usuario u otro sistema.
- Los sistemas de información son cada vez más complejos y requieren del manejo del conocimiento, dado que el volumen de transacciones y la funcionalidad requerida son muy amplias. Los servicios Web semánticos ofrecen una alternativa para facilitar su manejo.
- La implementación de servicios Web semánticos es una alternativa importante para el desarrollo de aplicaciones dentro de las organizaciones. En el sector educativo pueden apoyar las actividades propias de las universidades. Debido a sus fortalezas y al uso de ontologías es posible generar un sistema que interactúe con seres humanos y con otros sistemas, logrando una mayor funcionalidad y mejores resultados respecto a los obtenidos en procesos implementados en la Web tradicional.

Referencias bibliográficas

- [1] ICFES. (2002). *Elementos de política para la educación superior colombiana*. Memorias de gestión y prospectiva.
- [2] Cubillos J.A. et al. (2003). *Composición semántica de servicios Eeb*. Grupo de Ingeniería Telemática, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. Disponible en: www.cintel.org.co/media/temacentral_3_14.pdf
- [3] Berners-Lee, T. (1996). *The World Wide Web: Past, Present and Future*. Disponible en: www.w3.org/People/Berners-Lee/1996/ppf.html
- [4] Berners (1997). *The World Wide Web: A Very Short Personal History*. Disponible en: www.w3.org/People/Berners-Lee/ShortHistory.html
- [5] Castells P. (2003). *La Web semántica*. Escuela Politécnica Superior. Universidad Autónoma de Madrid. Disponible en: <http://www.ii.uam.es/~castells/publications/castells-uclm03.pdf>
- [6] Página principal W3C (Consortio World Wide Web). www.w3.org/
- [7] Dinos J. (2002). *Arquitectura de un sistema basado en agentes para la recuperación de metadatos RDF con base en una ontología de documentos*. Ingeniería De Computadoras, Universidad de Puerto Rico. Disponible en: grad.uprm.edu/tesis/dinosrojas.pdf
- [8] Berners, James Hendler and Ora Lassila. (2001). *The Semantic Web :A New Form of Web Content that Is Meaningful to Computers will Unleash a Revolution of New Possibilities*. Disponible en: www.scientificamerican.com/print_version.cfm?articleID=00048144-10D2-1C70-84A9809EC588EF21
- [9] W3C, Consortio World Wide Web. (2001). *Metadata and Resource Description*. Disponible en: www.w3.org/Metadata/Activity.html
- [10] Weblog context. *Observatorio de la cultura emergente. (2002) . Web semántica: ¿la segunda generación Web?.* Disponible en: www.straddle3.net/context/02/020619_semantic.es.html#generation
- [11] Berners, (2000). *Conferencia Web semántica: Architecture WS*. Disponible en: www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/slide10-0.html y www.w3.org/2001/09/21-orf/haginosw/swlevels.gif
- [12] Fernández B., Jesualdo T. (2005). *Tecnologías semánticas para facilitar la integración de datos e interoperabilidad de sistemas de información médicos*. Departamento de Informática y Sistemas, Facultad de Informática. Universidad de Murcia. Disponible en: pangea.upv.es/N+ISIS05/documents/JesualdoFernandez/tallerintegracion-jesualdo.pdf
- [13] Pelechano V. (2004) *Servicios Web. Estándares, extensiones y perspectivas de futuro*. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: pangea.upv.es/N+ISIS05/documents/VicentePelechano/ServiciosWeb.pdf
- [14] McGuinness D.L. (2001). *Ontologies Come of Age*. Disponible en: www.cs.man.ac.uk/%7Ehorrocks/Teaching/cs646/Papers/Mcgu01.doc
- [15] W3C (2004). *Web Services Choreography Requirements*. Disponible en: www.w3.org/TR/2004/WD-ws-chor-reqs-20040311/
- [16] Silva L. (2002). *Representacion de Ontologias en la Web Semántica*. Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil. Disponible en: www.inf.ufrgs.br/~clesio/cmp151/cmp15120021/artigo_lydia.pdf
- [17] Knublauch Holger. et al. (2005). *The Protégé OWL Plugin: An Open Development Environment for Semantic Web Applications*. Stanford University. Disponible en: www.scf.usc.edu/~csci586/ppt-2005/bhavin.ppt
- [18] Baader F., Horrocks I. y Sattler U. (2002). *Description Logics as Ontology Languages for the Semantic Web*. Theoretical Computer Science, RWTH Aachen, Germany, Department of Computer Science, University of Manchester, UK. Disponible en: www.cs.man.ac.uk/~horrocks/Publications/download/2003/BaHS03.pdf
- [19] Borland Corporation. (2004). *Guía del desarrollador de Servicios Web*. Disponible en: <http://info.borland.com/techpubs/jbuilder/jbuilderx/spanish/viewwordownloadpdf.html>
- [20] Casati A., G., Kuno F., y Machiraju, V. (2004). *Web Services Concepts, Architectures and Applications*.
- [21] Dekkers M. (2003). *Metadatos para la interoperabilidad*. Disponible en: es.dublincore.org/es/eventos/dcmi-es1/Dekkers_spa.pdf
- [22] Dieter Fensel, et al. (2003). *Spinning the Semantic Web. Bringing the World Wide Web to Its Full Potencial*. Massachusetts Institute of Technology.
- [23] Dürsteler J.C. (2001). *Visualizando la Web Semántica*. Revista digital de InfoVis.net. Disponible en: www.infovis.net/printMag.php?num=62&lang=1

- [24] Egea García C. (2002). *Accesibilidad y funcionalidad en la Web*. Disponible en: www.tecnoneet.org/docs/2002/102002.pdf
- [25] Frankel D., Hayes P., Kendall E. y McGuinness D. *The Model Driven Semantic Web. Knowledge Systems Laboratory Stanford University*. Disponible en: <http://www.omg.org/docs/ad/05-08-01.pdf>
- [26] Fikes R. y McGuinness D.L. (2001). *An Axiomatic Semantics for RDF, RDF Schema, and DAML+OIL*. Universidad de Stanford. Disponible en: www.ksl.stanford.edu/people/dlm/daml-semantic/abstract-axiomatic-semantic.html
- [27] Fuentes J.M. et al. (2005). *Generación semi-automática de servicios Web*. Universidad Autónoma de Madrid. Disponible en: nets.ii.uam.es/~sws/publications/jsweb05-extended.pdf
- [28] García I. et al. (2005). *Servicios Web*. Universidad de Castilla-La Mancha, España. Disponible en: www.sao.albacete.org/descargas/technicalreports/DIAB-05-01-1/Servicios%20Web.pdf
- [29] Guarino, N. (1998). *Formal Ontology and Information Systems. In the Proceedings of Formal Ontology in Information Systems*. Disponible en: www.loa-cnr.it/Papers/FOIS98.pdf
- [30] Greenberg, J., Sutton S. and Campbell D.G. (2003). *Metadata: A fundamental component of the Semantic Web*. Bulletin of the American Society for Information Science and Technology, p. 16.
- [31] Klein M. et al. (2002). "Ontologies and Schema Languages on the Web". Artículo *Spinning the Semantic Web: Bringing the World Wide Web to Its Full Potential*. p. 95-135.
- [32] ICFES (2002). *Factores asociados a la calidad de la docencia universitaria*.
- [33] Horridge M. (2004). *A Practical Guide To Building OWL Ontologies With The Protégé-OWL Plugin*. Disponible en: coli.lili.uni-bielefeld.de/~felix/lehre/ws04_05/ontologischeRessourcen/addLiterature/horridge04.pdf
- [34] Krsulovic-Morales E., Gutiérrez C. *Propuesta para la creación de una ontología sobre departamentos universitarios de computación en Chile*. Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Chile. Disponible en: www.dcc.uchile.cl/~cguitier/articulos/ontologia.pdf
- [35] Lara R., Lausen H., Arroyo S., Bruijn J. y Fensel D. *Semantic Web Services: Description Requirements and Current Technologies*. Universidad Innsbruck. Disponible en: www.debruijn.net/publications/sws-description.pdf
- [36] López, L.M. (2004). *Qué es la web semántica*. Disponible en: fl4Web.com.ar/inkel/2004/07/07/Web-semantica.html
- [37] Lopez J.E. (2003). *Especificación de modelos de información de gestión de red integrada mediante el uso de ontologías y técnicas de representación del conocimiento*. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: jungla.dit.upm.es/~gabriel/seminario/02-03/jlopez.pdf
- [38] McGuinness, et al. (2002). "DAML-ONT: An Ontology Language for the Semantic Web". Artículo del libro *Spinning the Semantic Web: Bringing the World Wide Web to Its Full Potential*. p. 65-93.
- [39] McIlraith S., Cao Son Tran y Zeng Honglei. (2003). *Semantic Web Services*. Stanford University. Disponible en: www.ksl.stanford.edu/people/sam/ieec01.pdf
- [40] Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2003). *Decreto 2566 de Septiembre 10 de 2003*. Disponible en: www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-86425_Archivo_pdf.pdf
- [41] Miller E. (2002). *The Semantic Web. W3C Semantic Web Activity Lead*. Disponible en: www.w3.org/2002/Talks/www2002-w3ct-swintro-em/
- [42] National Center for Biomedical Ontology. (2000). *Getting Started With Protege*. Disponible en: protege.stanford.edu/doc/tutorial/get_started/index.html
- [43] Payne T. y Lassila O. *Semantic Web Services*. University of Southampton, Nokia. Disponible en: csdl.computer.org/comp/mags/ex/2004/04/x4014.pdf
- [44] Peis Redondo E. et al. (2003). *Ontologías, metadatos y agentes: recuperación "semántica" de la información*. Universidad de Granada, España. Disponible en: www.nosolousabilidad.com/hassan/jotri2003.pdf
- [45] Revello, S. Ezquerro, M. Pereira, S.Silva, L. (2005). *Transacciones distribuidas en la Web*. Disponible en: www.fing.edu.uy/~pgtdistr/Documentos/Final/Articulo/Articulo4.0.doc
- [46] Rodríguez A.E. (2003). *La educación superior en el marco de la sociedad de la información*. Presentación Conferencia Encuentro Universidades ASCUN 2003.
- [47] Tate, Austin, Dalton J., Levine J. y Nixon A. (2003). *Artificial Intelligence Applications Institute*. Disponible en: www.aiia.ed.ac.uk/project/ix/documents/2003/2003-dagstuhl-tate-task-agents.pdf
- [48] Thacker S., Sheth A. y Patel S. (2002). *Complex Relationships for the Semantic Web*. Large Scale Distributed Information Systems (LSDIS) Lab. Department of Computer Science, University of Georgia. Disponible en: <http://lsdis.cs.uga.edu/lib/download/TSP02.pdf>
- [49] Tummarello G. et al. (2004). *The DBin Semantic Web platform: an overview*. Università Politecnica delle Marche. Italy. Disponible en: semanticweb.deit.univpm.it/submissions/www2005_semantic_computing/DBIN@semantic_computing.pdf

- [50] Smith B. (2003). *Ontology and Information Systems*. Disponible en: [ontology.buffalo.edu/ontology\(PIC\).pdf](http://ontology.buffalo.edu/ontology(PIC).pdf)
- [51] W3C (2002). *Web Services Description Requirements*. Disponible en: www.w3.org/TR/ws-desc-reqs/
- [52] W3C (2003). *Extensible Markup Language (XML)*. Disponible en: <http://www.w3.org/XML/>
- [53] W3C. (2004). *OWL Web Ontology Language Overview*. Disponible en: www.w3.org/TR/owl-features/
- [54] W3C España, (2001). *XML en 10 puntos*. Disponible en: <http://www.w3.org/XML/1999/XML-in-10-points.es.html>

Infografía

- [55] Página W3C España. Disponible en: <http://www.w3c.es>
- [56] Organización web semántica. Disponible en: <http://www.semanticweb.org/>
- [57] Organización XML. Disponible en: http://www.xml.org/xml/resources_cover.shtml
- [58] Página recursos web services. Disponible en: <http://www.webservicesarchitect.com/resources.asp>
- [59] Sitio web de Protégè. Disponible en: protege.stanford.edu/plugins/owl/
- [60] Página proyecto DAML. Disponible en: <http://www.ksl.stanford.edu/projects/DAML/>