

LOS CONTENIDOS EDUCATIVOS Y LA WEB SEMÁNTICA

CLARA LÓPEZ GUZMÁN

Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FRANCISCO J. GARCÍA PEÑALVO

Facultad de Informática y Automática
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA, ESPAÑA

LOS CONTENIDOS EDUCATIVOS Y LA WEB SEMÁNTICA

RESUMEN

Las aplicaciones informáticas educativas requieren que los contenidos educativos tengan un alto nivel de interoperabilidad, para poder explotar al máximo el potencial de la información digital y de los sistemas automatizados. En estos contextos, es necesario que los contenidos puedan utilizarse en diversas aplicaciones como las plataformas de aprendizaje, las bibliotecas digitales, los repositorios, los sistemas de información e incluso en los dispositivos móviles. Aunque hay estándares tecnológicos para que estas herramientas puedan comunicarse, los métodos de descripción utilizados requieren de mayor definición para empatar los significados de los descriptores y realizar un intercambio realmente eficiente de información y contenidos.

La Web Semántica propone tecnologías que permitan un procesamiento más eficiente, aunado a estas tecnologías aparece un método para la descripción de la información, al que se conoce como ontologías. Las ontologías expanden las capacidades de los sistemas descriptivos actuales, como los tesauros y los metadatos.

Un contenido educativo se encuentra inmerso en un ambiente complejo: usuarios con intereses diferentes, aplicaciones con tecnologías heterogéneas, contextos variables y usos diversos. El desarrollo de ontologías en este ámbito comienza a ser una necesidad, ya que los sistemas tradicionales de clasificación y organización de la información y del conocimiento tienen limitantes en su diseño que restringen el trabajo de tareas automáticas a los sistemas informáticos.

Este trabajo hace un planteamiento general del uso de la Web Semántica en los contextos educativos y específicamente hace una revisión al tema del diseño de las ontologías y a las diferentes metodologías que hay para su desarrollo, con un planteamiento de aplicación dentro del ámbito de los contenidos educativos digitales.

Palabras clave

Ontologías, web semántica, contenidos educativos.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de enseñanza y aprendizaje en línea se pretende que los contenidos educativos tengan un alto nivel de interoperabilidad, con ello se puede explotar al máximo el uso de una infraestructura digital para la comunicación, creación y ejecución de los programas académicos. Por otra parte, se vislumbran las primeras aplicaciones de la Web Semántica en la educación y ésta requiere no sólo de la descripción de los contenidos, si no también de ubicarlo

semánticamente en un dominio de conocimiento, para que las computadoras puedan ejecutar más procesos automáticos de los que realizan actualmente y, principalmente, para mejorar la recuperación e indización de los recursos docentes dispersos en Internet, así como aquellos almacenados en las diversas aplicaciones de los entornos digitales de aprendizaje.

Los metadatos han coadyuvado en la tarea de organizar la información en la Web, a través de descripciones genéricas y utilizar lenguajes apropiados para que las computadoras puedan indexarlos. Sin embargo, las etiquetas que se generan no proporcionan mayor descripción de los elementos mismos, más allá de datos que la computadora puede procesar pero no puede comprender. Con el uso de los metadatos y de los tesauros se pueden obtener jerarquías temáticas de los contenidos pero no es posible, de forma automatizada, que las computadoras puedan crear relaciones entre contenidos, así como tampoco se puede delimitar el dominio de conocimiento que comprenden.

Para obtener una mejor interoperabilidad entre contenidos y para potenciar las aplicaciones de los sistemas educativos se está dando auge a la descripción y relación de contenidos a través de ontologías, para la indización de documentos y mayor desempeño de los servicios en la Web Semántica; otra aplicación relevante relacionada con la educación se encuentra en la ingeniería del conocimiento, apoyando fuertemente a la tendencia de la reutilización de conocimiento para generar más conocimiento, así como en la construcción de cursos de forma colaborativa para el desarrollo e integración de mejores sistemas de aprendizaje basados en la Web. Dentro de los sistemas de información, las ontologías facilitan la interoperabilidad entre sistemas heterogéneos, facilitando la distribución de conocimiento dentro y entre aplicaciones de software (García 2004).

La Web Semántica

Los contenidos disponibles en la Web se encuentran codificados en HTML (*Hyper Text Markup Language*. <http://www.3w.org/html/>) un lenguaje, que a través de etiquetas predefinidas, sólo permite codificar contenidos por su estructura y con elementos muy limitados. En este tipo de archivos, únicamente se puede indicar qué es un párrafo y qué es un encabezado pero no se pueden indicar otro tipo de elementos como un nombre de alumno y una calificación ya que no hay etiquetas para ello. En las páginas creadas con HTML, estas etiquetas permiten que la información se despliegue en la pantalla de la computadora con ciertas características y sean entonces legibles para el usuario, pero para las máquinas estas etiquetas son de muy poca utilidad ya que para procesar la información requieren de más elementos. Ante esta limitante aparece XML (*eXtended Markup Language*. <http://www.3w.org/XML/>), un lenguaje que permite incluir etiquetas específicas para diferentes componentes de un documento, con una sintaxis más detallada y manejable, que permite definir documentos con estructuras más descriptivas.

El principal inconveniente es que estos lenguajes no incluyen semántica sobre esas estructuras o sobre el contenido global y las computadoras no tienen la inteligencia para deducirlo. También se apuntan otros inconvenientes sobre como ruido en las búsquedas, navegación jerárquica y poca flexibilidad (García & Sicilia, s/f).

Para atacar estas deficiencias, que repercuten principalmente en la calidad de las búsquedas y las recuperaciones de los contenidos, se está desarrollando una web complementaria, en la que la información está definida por su significado y sus relaciones, no por su estructura morfológica ni por su estilo gráfico. A esta nueva web se le conoce como Web Semántica (<http://www.w3.org/2001/sw/>).

La Web Semántica propone dar significado al contenido de los sitios web, facilitando un entorno en el que agentes de software puedan ejecutar tareas complejas para leer las páginas y extraer información más sofisticada, facilitando las tareas de indización y de búsqueda pero principalmente para hacerlas más precisas y cercanas a la forma en que los seres humanos buscamos (Bernes-Lee, Hendler, Lassila, 2001).

El objetivo más general de la Web Semántica es que la información en la Web esté definida y ligada de tal modo que pueda ser utilizada por máquinas no sólo para propósitos de despliegue si no para la automatización, integración y reutilización de los datos entre diferentes aplicaciones.

Para lograr que los contenidos tengan un significado explícito para las máquinas, la Web Semántica utiliza XML como lenguaje para proveer una sintaxis; a RDF (*Resource Description Framework*, <http://www.w3.org/RDF/>) para modelar las relaciones; y las ontologías para las descripciones y los vocabularios.

Hoy día, las ontologías se consideran un elemento clave en la arquitectura de la Web Semántica y se vislumbran como un método explícito para la descripción de contenidos educativos, que tengan el potencial de relacionarse y reutilizarse más fácilmente.

Las ontologías

El término ontología proviene del griego y significa ciencia del ser, se asocia a la Filosofía como una rama de la Metafísica que estudia todo lo que es: qué es, cómo es y cómo es posible. Es una teoría que trata la definición del ser y de establecer las categorías fundamentales o modos generales de ser de entidades a través del estudio de sus propiedades, relaciones y características. Como entidades se puede considerar a personas, ideas, conceptos, objetos y demás cosas reales.

En el ámbito informático, las ontologías comienzan a utilizarse a finales de los años 80, en el campo de la inteligencia artificial, principalmente se aplicaron como un método para la compartir y reutilizar el conocimiento. A finales de los años 90, comienzan a utilizarse ya en un contexto web con la intención de incluir descripciones semánticas explícitas a contenidos y servicios.

La definición más citada es la que da Gruber (1993), proveniente de la filosofía, que dice: “Una ontología es una especificación explícita de una conceptualización”. Una conceptualización es una abstracción de algo que existe, es una forma simple de representación. Una especificación explícita son un conjunto de declaraciones sobre esa representación de lo existente. Con los sistemas informáticos, estas declaraciones se llevan a cabo a través de métodos y de lenguajes de computadora.

Uschold y Gruninger (1996) proponen que una ontología es el término utilizado para referirse al entendimiento compartido de algún dominio de interés, que se utiliza como un marco unificador para resolver problemas de un mismo dominio. Los mismos autores conciben la conceptualización como la definición de conceptos y sus interrelaciones y concluyen diciendo que asumen una ontología como un recuento explícito o representación de una conceptualización o de parte de ésta.

La manera más simple de entender una ontología es considerándola como un vocabulario de términos, la especificación de su significado y sus interrelaciones en un dominio de conocimiento, para la búsqueda y uso entre agentes.

Por arriba de los tesauros y de los metadatos, las ontologías garantizan consistencia en dominios de conocimiento, hacen explícitos vocabularios, pero principalmente lo que aportan son las reglas que permiten a las máquinas interpretar las relaciones entre contenidos. Los tesauros y los metadatos estructuran contenidos, las ontologías estructuran la semántica de los contenidos.

Diseño de ontologías

El diseño de ontologías no es una tarea simple, a diferencia de otros mecanismos de descripción, éstas requieren de un profundo conocimiento del dominio que se describe ya que también hay que

definir relaciones; se pretende que puedan ser reutilizadas y que además puedan ser la base para generar más conocimiento. Antes de dar inicio al diseño de una ontología debe reflexionarse sobre la verdadera necesidad que se tiene de ésta. Noy & McGuinness (2005) proponen que las razones para desarrollar una ontología pueden ser:

- Compartir el entendimiento común de la estructura de información entre personas o agentes de software.
- Permitir la reutilización de conocimiento de un dominio.
- Explicitar suposiciones de un dominio.
- Separar el conocimiento del dominio del conocimiento operacional.
- Analizar el conocimiento de un dominio.

Los mismos autores pero en un trabajo previo (Noy y McGuinness, 2001) piensan que en el diseño de ontologías:

- No hay una única forma correcta de modelar un dominio. La mejor solución depende de la aplicación que se tiene en mente y de las necesidades que se puedan anticipar.
- El desarrollo de una ontología es siempre un proceso iterativo.
- Los conceptos en la ontología deben ser cercanos a objetos (físicos o lógicos) y a las relaciones en el dominio de interés. Éstos suelen ser nombres (objetos) o verbos (relaciones) en las frases que describen el dominio.

Y dicen que en términos prácticos, desarrollar una ontología incluye:

- Definir clases en la ontología.
- Organizar las clases en una jerarquía taxonómica (subclase-superclase).
- Definir los slots y los valores permitidos para esos slots.
- Llenar los valores de los slots para las instancias.

Esto dentro de un proceso iterativo de refinamiento de la ontología, en el que debe además debe someterse a la evaluación y discusión de expertos en el área.

El desarrollo de ontologías incluye actividades, que se agrupan como (Gómez-Pérez, Fernández-López & Corcho, 2004)):

- Actividades de administración. Incluyen calendarización control y garantía de calidad.
- Actividades de desarrollo. Se agrupan en pre-desarrollo, desarrollo y post-desarrollo.
- Actividades de apoyo. Son actividades desempeñadas al mismo tiempo que las actividades de desarrollo, hacen posible la construcción de la ontología.

Dentro de un contexto de conceptualizaciones compartidas, Gruber (1993) dice que los criterios a considerar para el diseño de ontologías son:

- Claridad. La definición debe ser objetiva y debe comunicar de forma eficiente el significado. Debe ser independiente del contexto informático o social.
- Coherencia. Las inferencias deben ser consistentes con las definiciones.
- Extensibilidad. El diseño debe permitir diversos usos del vocabulario compartido. Principalmente, una debe servir para la definición de otra.
- Codificación mínima. La conceptualización debe especificarse sin depender de símbolos de codificación ya que los agentes que los pueden utilizar pueden estar implementados en diferentes estilos de representación.
- Mínimo compromiso ontológico. Una ontología debe tener el mínimo de casos especiales o pretensiones sobre lo que está representando, con la intención de que la ontología después pueda ser más especificada para usos particulares.

Valente y Breuker (1996) establecen un par de principios para especificar conceptualizaciones mediante ontologías. Estos principios son:

- Las ontologías deben ser parsimoniosas. Las ontologías deben contener suficientes conceptos, pero sólo aquellos que son estrictamente necesarios.
- Las ontologías deben tener unas bases teóricas claras. Una ontología no debe sólo una jerarquía de términos, sino un marco teórico que describa el dominio.

Así mismo, consideran que para el diseño no se debe perseguir la especificación de los términos más comunes, sino los de las categorías básicas del dominio de conocimiento. Las categorías básicas deben ser coherentes, es decir consistentes y completas, lo que implica que las categorías deben tener sentido dentro del propio dominio de conocimiento.

García (2005) define que para desarrollar una ontología se requiere, de manera general, definir las clases que forman un dominio, organizar las clases en una jerarquía taxonómica, definir las propiedades de cada clase e indicar las restricciones de sus valores y asignar valores a las propiedades para crear instancias.

La construcción de una ontología es una tarea que requiere dedicación tanto del ingeniero en ontologías como del experto en el tema o dominio de interés. En algunos casos las ontologías pueden apoyarse de mecanismos de extracción de información para tomar contenidos de los metadatos o de la información misma, para después hacer un tratamiento de estos datos y crear los vocabularios y las relaciones pertinentes. También es importante considerar que las ontologías suelen ser entes cambiantes, ya que el conocimiento y las aplicaciones cambian así que también debe considerarse que después de su creación es necesario un mantenimiento para su actualización.

Un factor de relevancia es que para que una ontología resulte de utilidad en la web semántica tiene que ser aceptada universalmente, para que esto sea posible es necesario definirla colaborativamente por la comunidad en la que se quiera utilizar (García & Sicilia, s/f)

METODOLOGIA

Metodologías para construir ontologías

Los esfuerzos por normar la forma de hacer ontologías y principalmente la necesidad de desarrollo de algunos proyectos, han derivado en la creación de diferentes metodologías y métodos para el diseño de ontologías.

Los orígenes de estas metodologías están principalmente marcados en el dominio del modelado empresarial, por los proyectos *Enterprise Ontology* (Uschold & King, 1995) y TOVE (*Toronto Virtual Enterprise*) (Gruninger & Fox, 1995). Otro proyecto que también marcó un inicio lo fue KACTUS, proponiendo una metodología en el dominio de las redes eléctricas (Bernaras, Laresgoiti & Corera, 1996). De igual manera aparece Methontology (Gómez-Pérez, 1996) sólo que ésta ya no está relacionada a ningún dominio en específico. A continuación se enlistan y se describen brevemente algunas de las metodologías que se identifican en torno al desarrollo de ontologías:

- Cyc (Lenant & Guha, 1990). Es uno de los primeros proyectos que intentan dotar de herramientas a los ordenadores para que sean capaces de tener razonamiento. El proyecto surge de la experiencia del desarrollo de la base de conocimiento Cyc, que acumuló una gran cantidad de conocimiento a través de afirmaciones de sentido común. Actualmente operan como la compañía Cycorp, que ofrece soluciones para aplicaciones de software con tecnologías semánticas (<http://www.cyc.com>), además cuentan con una fundación que desarrolla lo que han llamado "OpenCyc ontology" (<http://www.cycfoundation.org/>).
- TOVE (Gruninger & Fox, 1995). Es un proyecto de la Universidad de Toronto, que propone un método formalizado para construir ontologías basado en preguntas de competencia, orientadas a la administración y operación de una empresa, En su origen el proyecto tuvo por objetivo convertirse en la segunda generación de los modelos de ingeniería del conocimiento, pero basado en la ingeniería de ontologías y no en la extracción de reglas a los expertos, como hacían los sistemas de inteligencia artificial (<http://www.eil.utoronto.ca/enterprise-modelling/tove/index.html>).
- METHONTOLOGY (Gómez-Pérez, 1996). Es una propuesta de la Universidad Politécnica de Madrid, para construir ontologías a nivel de conocimiento. Esta metodología adopta algunas ideas de la ingeniería de software, específicamente en las actividades relacionadas con el desarrollo de software. Methontology provee un marco que consiste de: identificación del proceso de desarrollo de la ontología donde las actividades

principales son identificadas; un ciclo de vida en prototipos espirales; y la propia metodología, que especifica los pasos para desarrollar cada actividad, las técnicas utilizadas, los productos de salida y cómo deben ser evaluados.

- KACTUS (Barnaras, A., Laresgoiti, I., Corera, J., 1996). Acrónimo de *modelling Knowledge About Complex Technical systems for multiple USE*. Es un proyecto europeo para el desarrollo de una metodología para la reutilización de conocimiento de sistemas técnicos durante su ciclo de vida. Requiere una base de conocimiento existente para el desarrollo de la ontología. Propone el uso de significados de abstracciones para extraer una ontología de la base de conocimiento a la vez que se construye una aplicación similar del dominio (<http://hcs.science.uva.nl/projects/NewKACTUS/home.html>).
- Enterprise Ontology (Uschold, King, Moralee & Zorgios, 1998). Es una colección de términos y definiciones relevantes a las empresas de negocios. La ontología fue desarrollada en el Proyecto *Enterprise*, por el Instituto de Aplicaciones de Inteligencia Artificial de la Universidad de Edinburgh y con algunos socios. Conceptualmente la ontología está dividida en actividades y procesos, organización, estrategia y marketing. (<http://www.aiai.ed.ac.uk/project/enterprise/enterprise/ontology.html>)
- SENSUS (Uschold & Gruninger, 1996). Es una ontología producida por el Information Sciences Institute de California. La ontología SENSUS cuenta con una taxonomía terminológica de 70,000 nodos, como un marco en el cual se puede ubicar conocimiento adicional. Esta ontología es la extensión y reorganización de otro proyecto llamado WordNet, una base de datos de sinónimos cognitivos en inglés, ligados por conceptos semánticos y relaciones léxicas. En el nivel más alto se agregaron nodos del Modelo PENMAN (un recurso para soportar clasificaciones) y sobre éste se organizaron la mayoría de las ramas de WordNet, además de mezclarse también en la ontología los términos del Diccionario Bilingüe Harper-Collins. <http://www.isi.edu/natural-language/projects/ONTOLOGIES.html>
- On-To-Knowledge Methodology (OTKM). (Sure, Staab & Studer, 2004). On-To Knowledge es un proyecto del Programa para la Investigación, Desarrollo y Demostración de Tecnologías para la Sociedad de la Información. Es un proyecto que desarrolla métodos y herramientas para facilitar la administración del conocimiento, haciendo uso del potencial de las ontologías. Dentro de esas herramientas han desarrollado la metodología para crear y dar mantenimiento a ontologías enfocadas al procesamiento de conocimiento y meta procesamiento de conocimiento. Buscan facilitar un acceso inteligente a grandes volúmenes de fuentes de información textual y semiestructurada, en entornos intra, extra e Internet. El principal objetivo se enfoca a la adquisición, mantenimiento, acceso fuentes de información en línea (<http://www.ontoknowledge.org/>).
- DILIGENT (Distributed, Loosely-controlled and evolving Engineering of ontologies) (Pinto, Staab & Tempich, 2004). Es una metodología para soportar expertos de dominios en un grupo distribuido para desarrollar ontologías con la ayuda de aproximaciones fines basadas en Rhetorical Structure Theory.

Es importante resaltar que aun cuando se siga una misma metodología para un determinado dominio, el resultado de cada grupo de diseño es diferente porque se puede interpretar y representar de diferente manera el conocimiento de cada individuo o de cada comunidad.

Herramientas para desarrollar ontologías

Para hacer ontologías debe considerarse que ya existen lenguajes específicos con ese fin. Estos lenguajes permiten el manejo de taxonomías complejas y de relaciones lógicas, además se estructuran mediante una semántica definida. Dentro de estos lenguajes, entre los más utilizados, se encuentran OIL (Fensel, 2000) y DAML (Hendler & MacGuinness, 2000), actualmente unidos en uno sólo llamado DAML+OIL (Connolly, 2001), y OWL (Lacy, 2005).

La programación con dichos lenguajes requiere de experiencia en el desarrollo de sistemas por lo que también puede hacerse uso de editores, que mediante interfaces gráficas ayudan a la

construcción de la ontología; algunos de estos editores son Ontolingua y Ontosaurus, entre las más actuales se encuentran Protégé, WebODE, Ontoedit y Oiled, además de encontrarse algunas otras como WebOnto como KADS22, Link Factory, OpenknowME y SymOntoX.

Muchos desarrollos se han realizado para el uso de ontologías en diversos ámbitos y existen iniciativas que concentran esos desarrollos en un repositorio, usualmente de acceso libre, que ponen de forma abierta las ontologías desarrolladas para que se reutilicen por aplicaciones con objetivos similares. Incluso hay metodologías que proponen el desarrollo de una nueva ontología a partir de una existente y entonces se recurre a su búsqueda en algún repositorio. Dentro de los repositorios se encuentran SIMILE, DAMLontology library, OWL Ontology Library de Protégé, OWL SEC, Schema Web, RDFdata.or y SemWeb Central.

Para la búsqueda de páginas semánticas, documentos RDF y ontologías, existen motores que “escarban” en la red y localizan este tipo de documentos. Algunos motores de búsqueda son Semantic Web Search, Onto Search y Swoogle. Dentro de este género también se pueden incluir los *crawlers*, robos que indizan las páginas web con tecnología semánticas, siguiendo los enlaces que en ésta aparecen, algunos ejemplos son DAML crawler, RDF crawler, OCRA y Scutter.

Ontologías y contenidos educativos

Un contenido educativo se encuentra inmerso en un ambiente complejo: usuarios con intereses diferentes, aplicaciones con tecnologías heterogéneas, contextos variables y usos diversos. El desarrollo de ontologías en este ámbito comienza a ser una necesidad, ya que los sistemas tradicionales de clasificación y organización de la información y del conocimiento tienen limitantes en su diseño que restringen el trabajo de tareas automáticas a los sistemas informáticos.

En general, en el ámbito de la educación, es fácil identificar que los autores utilizan diferentes terminologías para conceptos similares. En el campo de la enseñanza en línea esta situación es aún más crítica y al tratar de utilizar términos en diversas plataformas o en objetos de aprendizaje que tienen movilidad entre aplicaciones el problema es más evidente. Por ello, en los ambientes digitales educativos tiene sentido el uso de las ontologías, específicamente para distinguir entre tres tipos de conocimiento: contenido, pedagógico y estructural (Antonioni & Harmelen, 2004).

Una ontología de contenido describe los conceptos básicos del dominio en el que se lleva a cabo el aprendizaje. Esto incluye las relaciones entre los conceptos y algunas propiedades básicas. Las ontologías de contenido pueden utilizar relaciones para identificar sinónimos y abreviaturas. Las ontologías pedagógicas deben describir los recursos pedagógicos, como tutoriales, ejemplos, ejercicios, evaluaciones, etcétera.

Las ontologías estructurales son para definir una estructura lógica entre los contenidos, según las relaciones de jerarquía, secuencia o navegación, como previo, siguiente, requiere, es parte de, está basado en.

Moral y Cernea (2005) dicen que para los objetos de aprendizaje, son necesarias ontologías de dominio, del alumno, de las teorías de aprendizaje y del diseño instruccional, de la estructura y de los mismos metadatos, lo que resumen como: dominio, estructura, pedagogía y metadatos.

CONCLUSIONES

En el ámbito de la educación a distancia los contenidos digitales han aportado una herramienta muy versátil como material educativo, pero a su vez, también han impuesto nuevos retos a los docentes y a quienes organizan este tipo de materiales.

La Web Semántica, desde el punto de vista tecnológico, está ya lista para utilizarse, sin embargo hace falta el desarrollo de aplicaciones que exploten las bondades de esta tecnología, que permitirá contar con contenidos y sistemas educativos más eficientes en su desempeño tecnológico.

El desarrollo de las ontologías es un elemento clave para la expansión de la Web Semántica. En el ámbito de la educación en línea hace falta desarrollar herramientas y ontologías específicas para una mejor descripción de los recursos y de los contextos educativos.

La creación de una ontología no es una actividad trivial, se requiere de un amplio entendimiento del tema, contar con capacidades analíticas y conocer el dominio que se describe. Llevar a los profesores o a los diseñadores instruccionales a desarrollar ontologías desde la base es una tarea ambiciosa y compleja, por lo que es necesario facilitarles herramientas con ontologías preestablecidas que les permitan enriquecer más fácilmente a la Web Semántica con contenidos útiles para las actividades docentes.

BIBLIOGRAFIA

Antoniou, G. & Harmelen van, F. (2004) *A Semantic Web Primer*. Massachusetts Institute of Technology.

Bernaras, A., Laresgoiti, I. & Corera, J. (1996) Building and Reusing Ontologies for Electrical Network Applications. Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence. ECAI 96.

Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. "The semantic web: a new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities". Scientific American, Mayo, 2001.

Connolly, D. et al. (2001) "DAML+OIL Reference Description". Disponible en <http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>.

Fensel, D. et al. (2000). OIL in a Nutshell. Disponible en <http://www.cs.vu.nl/~ontknow/oil/download/oilnutshell.pdf>.

García, E. (2005) "Aplicación de las ontologías para la representación del conocimiento". ISKO. Capítulo español Barcelona.

García, A. (2004) "Instrumentos de representación del conocimiento: tesauros versus ontologías". Anales de documentación, no. 7.

García, E., Sicilia, M.A. (s/f) "Una propuesta para la búsqueda semántica de recursos web de nuevas tecnologías aplicadas a la educación". En línea <http://tecnologiaedu.us.es/ticsxxi/comunic/egb-masu.htm>

Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., Corcho, O. (2004) *Ontological Engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web*. Springer: London

Gómez-Pérez, A. (1996) *Towards a Framework to Verify Knowledge Sharing Technology*. Expert Systems with Application. Vol. 11, No. 4.

- Gruber, T. R. (1993) "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing". En Guarino, N. *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*. Kluwer Academic Press, Boston.
- Gruninger, M. & Fox, M. S. (1995) Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies. Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, IJCAI-95, Montreal. Disponible en <http://www.eil.utoronto.ca/EIL/public/method.ps/> Consultado el 26 de noviembre de 2007.
- Hendler, J. & MacGuinness, D.L. (2000) "The Darpa Agent Markup Language". IEEE Intelligent Systems 16(6).
- Lacy, L (2005) "OWL: representing information using the Web Ontology Language". Trafford. Victoria, Canada.
- Lenat D.B. & Guha. R.V. (1990) Building large knowledge-based systems. Representation and inference in the CYC project. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.
- Moral, M. E. & Cernea D. A. (2005) "Diseñando Objetos de Aprendizaje como facilitadores de la construcción del conocimiento". SPDECE 2005, Universitat Oberta de Catalunya. <http://www.uoc.edu/symposia/spdece05/pdf/ID16.pdf>. Consultado 7 de abril 2007
- Noy, N.F., MacGuinness, D.L.(2001). Ontology Development 101: A Guide to Creating your First Ontology, Stanford Knowledge Systems Laboratory. Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880.
- Noy, N.F., MacGuinness, D.L. (2005) . Desarrollo de Ontologías: Guía Para Crear Tu Primera Ontología.
- Pinto, S. Staab, S., Tempich, C. (2004) DILIGENT: Towards a fine-grained methodology for Distributed, Loosely-controlled and evolving Engineering or Ontologies. Disponible en http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs2/375/http:zSzzSzwww.aifb.uni-karlsruhe.dezSzWBSzSzctezSzhtmlzSzpublicationszSzpdfzSzECAI04_diligent_arguments_final.pdf/pinto04diligent.pdf consultado el 28 de noviembre de 2007.
- Sure, Y., Staab, S., Studer, R. (2004). On To-Knowledge Methodology (OTKM). En Staab, S., Studer, R. (Eds.) Handbook on Ontologies, International Handbooks on Information Systems. Springer: New York.
- Uschold, M. & Gruninger, M. (1996) "Ontologies: principles, methods and applications". Knowledge Engineering Review, 11(2).
- Uschold, M., King, M. (1995). Towards a Methodology for Building Ontologies. Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing.
- Uschold, M. King, M., Moralee, S., Zorgios, Y., (1998) The enterprise ontology. Knowledge Engineering Review, 13(1): 31-89, 1998. Disponible en <http://www.aiai.ed.ac.uk/project/pub/documents/1998/98-ker-ent-ontology.ps> Consultado el 27 de noviembre de 2007.
- Valente, A., Breuker, J. (1996) Towards Principled Core Ontologies. Proceedings of the Knowledge Acquisition Workshop- KAW'96.