

*Pase el cursor por cada botón
para ver más información*

Trabajo colaborativo entre grupos de investigación usando ontologías

Autores:

Alex G. Amaya F. Master en Ingeniería de Sistemas*
Rafael A. González. PhD. en Ingeniería de Sistemas**

1. Introducción

Para las universidades, es importante fortalecer las relaciones con las empresas para brindar soluciones a sus problemas, sin embargo, para hacer más eficiente esta relación, es fundamental que las universidades puedan presentar un catálogo actualizado de sus capacidades de investigación¹.

Este artículo tiene como objetivo principal demostrar cómo, a través del trabajo colaborativo entre investigadores², se puede construir un catálogo de capacidades de investigación que le permita a las empresas encontrar soluciones a problemas puntuales, apoyado en las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), con el uso de ontologías³. Además, se construirá una teoría que permita llevar la solución a contextos diferentes a los de una universidad.

Para describir la investigación, primero se explicará la problemática general alrededor de la manera en que los grupos de investigación de una universidad construyen soluciones de manera conjunta y colaborativa a problemas de la sociedad, así como los trabajos que se han desarrollado al respecto para crear sinergias entre dichos grupos para proponer una solución a la heterogeneidad semántica (Gu, Xu y Chen, 2008).

* Master en Ingeniería de Sistemas y Computación, Pontificia Universidad Javeriana. Especialista en Sistemas de Información en la Organización, Universidad de los Andes. Ingeniero de Sistemas, Universidad Católica de Colombia.

** PhD. en Ingeniería de Sistemas, Universidad Delft de Holanda. Master en Ciencias de la Computación, Universidad Delft. Ingeniero de Sistemas, Pontificia Universidad Javeriana.

¹ Un catálogo de capacidades es el conjunto de aptitudes y talentos de los que dispone una universidad para ampliar el conocimiento científico a través de la investigación (He Lin, and Ding Huiping, 2007) (Giménez y Martínez, 2006).

² Es el trabajo conjunto entre dos o más investigadores para conseguir un objetivo común de producción de nuevo conocimiento científico.

³ En el campo de la informática se define la ontología como un diseño formal del lenguaje para representar un dominio particular de conocimiento (Zúñiga, 2001).

También se explicará la problemática que existe en las universidades de América Latina, alrededor de las estrategias de colaboración entre los grupos de investigación interdisciplinarios y el apoyo que las Tecnologías de Información y Comunicación (**TIC**), le han brindado a dichos grupos. Con base en dichas problemáticas, se mostrarán los trabajos relacionados alrededor de las estrategias de colaboración entre grupos de investigación con el uso de las TIC y la relevancia que tienen las ontologías para lograr una integración semántica⁴. Una vez entendido el contexto de la problemática y teniendo en cuenta la importancia del uso de ontologías, se mostrará la metodología utilizada para la definición de un sistema colaborativo que permita integrar semánticamente las capacidades de investigación de los diferentes grupos y se detallará la forma como se construyó la ontología de capacidades de investigación, mostrando el proceso, las herramientas y las personas involucradas en este ejercicio, la cual dio origen a los requisitos y la arquitectura para la construcción del sistema propuesto, a partir de la ontología. Por último, se explicará el resultado de la evaluación del prototipo que se construyó para validar el uso potencial del sistema para que las empresas puedan encontrar soluciones a sus problemas puntuales.

2. Problemática

Actualmente, existen diferentes problemáticas alrededor de la investigación en América Latina (Elizondo y Ayala, 2007). Cada una de estas problemáticas, representa debilidades en el proceso de desarrollo del conocimiento; sin embargo, la debilidad más grande es la escasa demanda de conocimientos endógenos generados. Según afirma Macias (2005), "los resultados de la investigación no solo representan el conocimiento generado o modificado por los investigadores, sino que también constituyen un producto que tiene valor en el mercado y que puede utilizarse como insumo para transformar la realidad, tomar decisiones o resolver problemas".

⁴ La integración semántica, es un camino que nos lleva a una solución para los problemas originados por el hecho de compartir información en grupos heterogéneos de trabajo (Borst, 1997).

En la academia, la colaboración entre investigadores para la producción de conocimiento se ha incrementado (Sonnenwald, 2008), sin embargo la colaboración implica una serie de retos como la sobrecarga de recursos y esfuerzos adicionales en la coordinación y comunicación entre investigadores (Cummings, 2005), más aún cuando los grupos de investigación tienden a ser sistemas complejos (Vasileiadou, 2012), es decir que son numerosos, interdisciplinarios y se encuentran ubicados en diferentes puntos geográficos, lo cual dificulta la comunicación. Estos retos han hecho que se incremente el uso de nuevas TIC, en particular Internet como herramienta de apoyo a la colaboración entre los grupos de investigación y las organizaciones (Vasileiadou y Vliegthart, 2009). Aunque se ha demostrado que el uso que se le ha dado a Internet no ha mejorado la productividad frente a las reuniones presenciales o cara a cara (Wilson, 1995), porque las TIC por si solas no lo permiten, en este artículo se propone una alternativa que permitirá identificar las capacidades de investigación de una universidad y le brindará a los investigadores un ambiente colaborativo y coordinado de trabajo a través de un portal en Internet, usando ontologías. De esta forma, se provee un mecanismo de coordinación para estimular las relaciones entre grupos, pero no se pretende soportar del todo la colaboración que, en consecuencia, resultará de este enlace inicial.

Al final de este artículo, se espera dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿cómo identificar las capacidades de investigación de los grupos de investigación? y ¿cómo hacer que Internet pueda ayudar a construir relaciones centradas en capacidades entre los grupos de investigación y las empresas?

3. Trabajos relacionados

Una de las tecnologías que soportan la labor de colaboración entre diferentes integrantes de un equipo, son los flujos de trabajo, colaborativo (Zhang, 2009). Para construir este tipo de flujos de trabajo, se han desarrollado diferentes metodologías para desarrollar sistemas que permiten que numerosos participantes interactúen entre ellos de manera colaborativa. Este tipo de trabajos ayudan a normalizar el comportamiento entre los



individuos; sin embargo, crear flujos de trabajo colaborativo no apoya la búsqueda de información entre los participantes y menos si los participantes pertenecen a diferentes áreas del conocimiento, ya que en estos grupos interdisciplinarios no hay un flujo pre-determinado.

Por eso se han creado sistemas de colaboración como *ScienceSifter* para grupos heterogéneos de investigación que les permita identificar la información relevante para sus estudios científicos por medio de un editor de canales experto, que aumenta la facilidad y el tiempo de acceso de información de diferentes investigaciones, para presentársela a los investigadores como un todo (Collins, Mane, Martinez, Hussell y Luce, 2005); no obstante, esta solución no trasciende la colaboración entre el grupo para integrar a las empresas o beneficiarios.

Existen también herramientas que crean ambientes de colaboración para mejorar las habilidades de participación de estudiantes a través de Sistemas de Aprendizaje Colaborativo Soportados en Computador (**CSCL**) (Pifarré y Cobos, 2009). Estos sistemas, permiten generar una comunidad de conocimiento a través de procesos de interacción en grupos de estudio más que en grupos de investigación, donde se requiere encontrar relaciones entre las capacidades de investigación. Para encontrar este tipo de relaciones entre elementos que hacen partes de las capacidades de investigación se han desarrollado modelos matemáticos (Weiwei, y Chunsheng, 2008) que han permitido observar los cambios dinámicos de las capacidades de investigación científica de universidades.

Identificar las capacidades de investigación y sus cambios dinámicos, pueden ayudar a encontrar sinergias entre los grupos, sin embargo estos modelos requieren mucho tiempo de implementación para hacer las observaciones necesarias y este hecho no agiliza el trabajo constante que realizan los investigadores ni brinda un espacio colaborativo para los investigadores.

Por esta razón, es importante entender los conceptos que deben tenerse en cuenta para que los grupos de diferentes áreas del conocimiento puedan conectarse para el servicio de la educación y para esto se han creado marcos de trabajo (Fleury, Plonski, Dahmer y Schwartz, 2010) que contribuyen para que los proyectos de investigación de diferentes disciplinas puedan conectarse con metodologías de desarrollo de la educación. Aunque este marco de trabajo busca crear conexiones entre grupos de investigación interdisciplinarios, no busca la solución de problemas puntuales en la sociedad.

Hay trabajos que aplican los flujos de trabajo colaborativo a grupos de trabajo heterogéneos (Held y Blochinger, 2009) que permiten trabajar de manera síncrona. Este trabajo, combina de forma adecuada los flujos de trabajo colaborativo aplicada a grupos heterogéneos de una manera práctica, pero no tiene en cuenta la búsqueda de información que permita encontrar solución a problemas sociales.

Hasta el momento, algunos de los trabajos propuestos ofrecen ambientes de colaboración con sistemas de flujos de trabajo para diseño de procesos de colaboración (Deokar, Gwendolyn, Kolfshoten y Gert-Jan de Vreede, 2008), otros resaltan los elementos que se deben tener en cuenta para identificar las capacidades de investigación y otros se enfocan en la heterogeneidad de los integrantes, pero ninguna menciona algún mecanismo que permita descubrir las capacidades que pueden tener los diferentes grupos ni buscar soluciones a problemas específicos. Para lograr que los diferentes grupos de investigación puedan converger en soluciones a problemas, es necesario contar con un mecanismo que les permita integrar semánticamente sus necesidades, problemáticas, soluciones y capacidades de forma colaborativa.

El uso de ontologías (Arkalgud, et al., 2010), permite diseñar sistemas de información colaborativos para integrar de manera semántica los diferentes conceptos alrededor de un tema en particular. Un ejemplo del uso de ontologías en ambientes colaborativos que permite integrar diferentes conceptos, es la forma en que se pasa de lo informal a lo formal en términos de organización de la información con el uso de mapas

conceptuales. Con estos, se crea un puente entre los modelos de conocimiento que reflejan el aprendizaje humano y el uso formal de ontologías, soportado en una herramienta con facilidades colaborativas, como *CmapTools* (Eskridge, IHMC), Hayes, (IHMC), Hoffman, (IHMC), Warren, (2006), que incluye un ambiente de desarrollo colaborativo para construir una ontología (CODE) (Hayes y Saavedra, 2003). Otro ejemplo, es el uso de herramientas para la colaboración en el desarrollo de ontologías (COE) (Hayes, Eskridge, Mehrotra, Bobrovnikoff, 2005) que permiten a los usuarios participar en la construcción en una base de conocimiento en forma distribuida.

Los portales para la gestión de conocimiento (Gavrilova y Jin, 2008), han hecho uso de ontologías para encontrar integraciones semánticas alrededor de temas particulares, que además le ofrecen a los usuarios una interface consolidada e integrada que puede ser accedida para diferentes tipos de información, pero aún no se han enfocado a apoyar grupos de investigación de diferentes áreas de conocimiento para encontrar soluciones a problemas puntuales.

4. Metodología

Teniendo en cuenta la necesidad que existe actualmente en las universidades de América Latina, de crear sinergias entre los diferentes grupos de investigación para encontrar soluciones a problemas sociales y también los trabajos que se han realizado alrededor de esta problemática, se presenta a continuación una propuesta para construir un sistema colaborativo de gestión de conocimiento (Maier, 2007), que permitirá integrar de forma semántica las diferentes capacidades de investigación de los grupos para encontrar soluciones a problemas puntuales usando ontologías.

Para que la solución sea de importancia para los usuarios finales, es decir los investigadores y las empresas de diferentes sectores y además siga unos pasos rigurosos de construcción, se aplicará la metodología de la investigación científica basada en el diseño de sistemas de información, específicamente a través de la metodología de Peffers: "Design Science Research Methodology" (DSRM) (Peffers, Tuunanen, Rothenberger y Chatterjee, 2007) con el fin de entender el problema, diseñar una solución y validarla.



La **DSRM** sugiere cinco pasos, sin embargo para este proyecto se hará una construcción teórica como un paso adicional entre el diseño y desarrollo y la demostración y evaluación. Estos pasos son:

- Identificar la motivación y el problema, que ya se explicaron en la sección de la problemática, donde se define un contexto académico que permita encontrar soluciones a empresas en diferentes sectores a partir de las capacidades de investigación.
- Definir los objetivos de la solución, donde se identificarán los requerimientos del **SGC** que permitan clasificar los componentes referentes a las capacidades de investigación de las universidades.

En este paso, se construye una ontología inicial que será validada por diferentes investigadores de una universidad colombiana con el uso de un flujo de trabajo colaborativo (Deokar et al., 2008), basado también en ejemplos como el que propone Gomes (Gomes, Vivacqua y García, 2009), donde se construye una ontología de manera colaborativa para encontrar una solución a un problema particular.

- Diseño y desarrollo, donde se tomarán los requerimientos de la fase dos para comenzar el diseño que definirá la arquitectura siguiendo un modelo **MDA** (Frankel, 2003) (*Model Driven Architecture*) para obtener un modelo independiente de la plataforma, la plataforma y su especificación.
- Abstracción de la teoría de diseño. Este paso es el que le brinda el valor teórico al trabajo, porque permitirá ampliar la solución a otros contextos a través de una construcción teórica (Walls, Widmeyer y El Sawy, 1992), donde se identificarán los componentes de la teoría del diseño del sistema:
 - Especificación de la teoría nuclear.
 - Abstracción del requerimiento en un meta-requerimiento.
 - Abstracción del diseño en un meta-diseño.
 - Construcción del método de diseño.
 - Construcción de la hipótesis del diseño del producto.
 - Construcción de la hipótesis del diseño del proceso.



- Demostración y evaluación, que se realizará de una forma práctica y sencilla para medir el nivel de aceptación sobre el uso de la herramienta, para este paso se utilizará el modelo *Technology Acceptance Model (TAM)* (Davis, Bagozzi, y Warshaw, 1989).
- Comunicación, fase en la cual se dará a conocer formalmente el resultado del trabajo a los interesados.

5. Construcción colaborativa de la ontología de capacidades

Con los pasos descritos anteriormente, se construyó la ontología que permitirá identificar semánticamente los conceptos relacionados a los grupos de investigación y a la vez, iniciar la construcción del catálogo de capacidades.

5.1 Proceso de construcción de la ontología

La construcción de la ontología debe seguir una serie de actividades que permitan al grupo de personas que van a participar, de acuerdo a su ubicación geográfica y a su disponibilidad (Gómez-Pérez, 2004), a través de un patrón de colaboración.

En esta investigación, se tomó como referencia el patrón de colaboración propuesto por Scümmer (Schümmer, Mühlpfordt y Haake, 2010), que cuenta con una serie de pasos enmarcadas en cinco fases que permiten trabajar alrededor de una idea de manera colaborativa entre diferentes grupos de personas.

Como aporte al patrón de colaboración de Schümmer, se proponen algunas tareas propias para este proyecto dentro de las cinco fases de dicho patrón, así como el uso de herramientas para facilitar el trabajo de construcción de la ontología; en la primer fase, el facilitador explica el proceso a los participantes y la herramienta a utilizar, que en este caso fue *CmapTools* (Institute for Human and Machine Cognition, n.d.); la segunda fase, tiene como propósito definir el objetivo y el tema central de discusión. En la tercera fase, los participantes de diferentes grupos realizan los aportes al mapa conceptual,



para este caso esas ideas salieron del análisis de texto que se realizó; en la cuarta fase, se encontraron relaciones entre los conceptos y se crearon foros de discusión en torno a dichas relaciones. En la quinta y última fase se recopilaron los resultados.

5.2 Encuesta de capacidades

Como trabajo previo a esta investigación, la universidad donde se hizo este trabajo, diseñó y aplicó una encuesta de capacidades a 174 grupos de investigación donde se recopiló información acerca de las problemáticas, resultados, capacidades y tecnologías usadas por los investigadores.

5.3 Análisis de texto

Con base en los resultados de la encuesta de capacidades, se extrajo su contenido para realizar un análisis de texto para identificar los conceptos principales asociados a las capacidades.

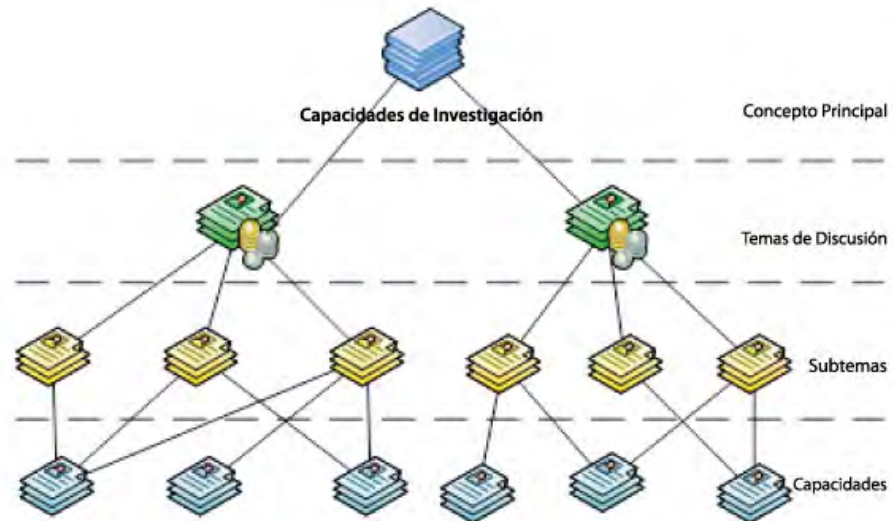
El proceso que se llevó a cabo para el análisis, incluyó el uso de una herramienta llamada "*Concordance*" (R. J. C. Watt, 2011) y siguiendo los siguientes pasos: extracción de información de la encuesta en archivos planos, cargar la información en la herramienta, descubrir los conceptos relevantes para las capacidades de investigación, que dieron como resultado una lista de conceptos asociados a las capacidades de investigación de la universidad.

5.4 Construcción del mapa conceptual

Con la extracción de los conceptos a partir del análisis de texto explicado en la sección anterior y con la definición de los foros del XI Congreso para la Investigación (Pontificia Universidad Javeriana, n.d.), se realizó la estructura general para la construcción del mapa conceptual.



Figura 1. Estructura de la Ontología



Fuente. Elaboración propia del autor

Se puede observar, la estructura general de la ontología (Figura 1), cuyo concepto principal está enfocado a las capacidades de investigación y que se muestra en el nivel superior. Para los demás niveles, se tomó como base el conjunto de foros definidos para el congreso, los cuales a su vez tienen una serie de subtemas asociados; en este nivel, es decir en los subtemas, aparece la participación de los grupos de investigación y se combina con el resultado del análisis de texto; lo anterior supone que en un subtema participaron diferentes grupos y de estos, se extrajo el resultado del análisis de texto y se conformó el último nivel, es decir el de capacidades.

Este último nivel es el que permitirá integrar semánticamente las capacidades de investigación entre los diferentes grupos de investigación.

5.5 Patrón de colaboración

Durante la definición del patrón de colaboración, se realizaron dos propuestas para llevar a cabo los talleres con los investigadores. Estas dos propuestas tenían un enfoque de trabajo síncrono, sin embargo durante el ciclo de validación con la Oficina de Fomento a la Investigación (**OFI**) de la universidad y debido a las características de *CmapTools* se tuvo que cambiar a sesiones asíncronas.

Una vez definida la estructura general de la ontología, se describieron las relaciones entre los diferentes conceptos. Se requirió la participación de los investigadores y se aplicó el siguiente patrón de colaboración con dos pasos principales:

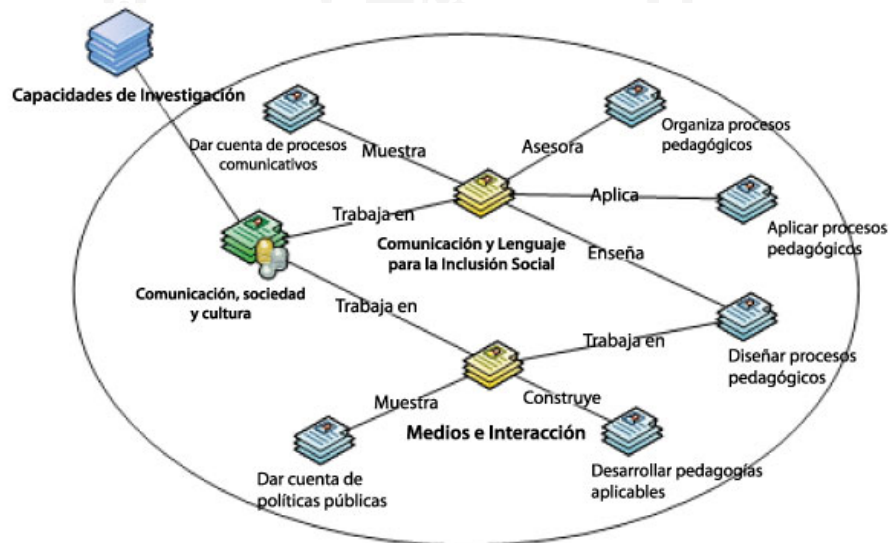
- La definición de los usuarios a participar y la definición de las sesiones de trabajo, denominadas talleres.
- Se realizó una prueba piloto del taller con los coordinadores para realizar ajustes sobre el mismo protocolo de colaboración.
- Se llevó a cabo un taller para cuatro mapas conceptuales, desde un sitio donde se reunió a los diferentes investigadores para que definieran las relaciones entre los diferentes conceptos.

5.6 Formalización de la ontología

Una vez detallado y validado el patrón de colaboración, se aplicó la combinación de las metodologías "*On-To-Knowledge* y *Methontology*" (Gómez-Pérez, 2004) para la construcción formal de la ontología a partir de los conceptos y relaciones definidas en las sesiones de trabajo con los investigadores.



Figura 2. Parte de la Ontología



Fuente. Elaboración propia del autor

Se muestra una parte del total de la ontología con su concepto principal y dos de sus subtemas, junto con sus capacidades y las relaciones entre estos. Con la herramienta, se genera un archivo en lenguaje de la ontología (**OWL**) (Figura 2).

6. Requisitos del sistema

El primer resultado a partir de la construcción de la ontología, fue la recopilación de los requisitos del sistema de gestión de conocimiento, los cuales se diferencian de un sistema de información transaccional (Barnes, 2002), y que se describen a continuación:

- **Énfasis en el nivel conceptual:** para este caso, las ideas giran en torno a las capacidades de investigación. Se utilizó una ontología (Arkal Ramaprasad et al., 2010), para estructurar de manera semántica el conocimiento y las capacidades de los grupos de investigación.
- **Reutilización del conocimiento existente:** este requisito es muy importante para generar el interés real de los usuarios finales del Sistema de Gestión de Conocimiento (SGC) ya que de su participación depende que se comience a tejer una red de colaboración y una base de conocimiento.
- **Adaptación segura y conveniente a las necesidades individuales:** el Sistema de Gestión de Conocimiento (SGC), debe permitir encontrar similitudes, de tal suerte que se pueda presentar la información de acuerdo a los diferentes puntos de vista de los investigadores.
- **Comprensión intuitiva:** el sistema debe permitir realizar búsquedas, registrar información, encontrar colaboradores, hallar soluciones y en general interactuar con el sistema. Para validar este requisito se utilizó el modelo (TAM), *Technology Acceptance Model* (Davis et al., 1989).
- **Integración de perspectivas:** en este requisito, se debe garantizar la integración semántica entre los conceptos de los diferentes grupos de investigación.

7. Arquitectura del sistema

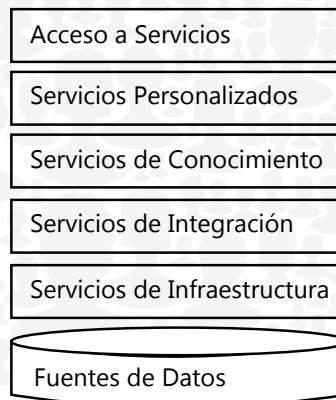
Cada componente de la arquitectura de un sistema de información (programas, bases de datos e interfaces de usuario), puede usar ontologías para su especificación (Guarino, 1998). En esta sección, se explicará la definición de la arquitectura del sistema propuesto a partir de los requisitos definidos con la ontología y explicados en la sección anterior.

Existen tres tipos de arquitecturas para diseñar Sistemas de Gestión de Conocimiento (SGC). El primero de ellos está basado en la teoría, el segundo a proveedores específicos y el último, está enfocado al mercado (Maier, 2007). Cada una de estas brinda componentes que permiten construir una estructura centralizada.

A continuación se muestra la arquitectura general para el Sistema de Gestión de Conocimiento (**SGC**) que se construirá basado en la ontología (Figura 3).

Figura 3. Arquitectura Centralizada

Usuarios de conocimiento



Fuente. Elaboración propia del autor

Se muestra la descripción general para la arquitectura del Sistema de Gestión de Conocimiento (**SGC**). Cada una de sus capas tiene diferentes servicios, que se describirán a continuación y que se utilizarán en cada capa para este caso.

- **Fuente de datos:** se creará una base de datos para almacenar la información propia del sistema, también se tendrá como fuente de datos la información referente a las publicaciones e investigaciones de los grupos.
- **Servicios de infraestructura:** se tendrá un servidor de aplicaciones que soporte la comunicación síncrona y asíncrona, un servidor de archivos para compartirlos entre los colaboradores, un servidor de base de datos y un servidor *Web*.

- **Servicios de integración:** esta es una de las capas que diferencia al Sistema de Gestión de Conocimiento (**SGC**) de un sistema de información transaccional; allí, se tendrán las etiquetas, el directorio de servicios y la ontología.
- **Servicios de conocimiento:** esta capa, se clasifica en cuatro servicios dentro de los cuales se tendrán las siguientes funcionalidades: servicio de descubrimiento (búsqueda, mapas de conocimiento, navegación y visualización), servicio de publicación (contextualización), servicio de colaboración (experticia, capacidades, espacios de comunidad) y servicio de aprendizaje (rutas de aprendizaje y tutoriales).
- **Servicios personalizados:** se define la estrategia para construir el sistema, que para este caso será un portal *Web* colaborativo.
- **Servicio de acceso:** este servicio dependerá de la herramienta con la que se construya el portal *Web*, así como la autorización de acceso a la información.
- **Usuarios de conocimiento:** serán los investigadores y las empresas.

Una vez se haya desarrollado la ontología de capacidades de investigación, se debe desplegar en los componentes propios de la capa de integración para su administración.

Figura 4. Arquitectura de la Ontología basada en conocimiento



Fuente. Elaboración propia del autor

Se ve en detalle la capa de integración de servicios (Figura 4), donde se tendrá en el núcleo el repositorio de la ontología del catálogo de capacidades de investigación, en un lenguaje que permita procesar el contenido de la información más allá de solo presentársela a un usuario final, para el caso de la ontología existe *Web Ontology Language (OWL)* (MIT, ERCIM, Keio, 2012) y el estándar para intercambio de información en *Web Resource Description Framework (RDF)* (MIT, ERCIM, Keio, 2012).

Esta arquitectura debe poderse presentar a los investigadores y a las empresas a través de un portal en Internet, que finalmente será el sistema colaborativo de gestión de conocimiento que le permitirá a los investigadores trabajar de manera colaborativa para encontrar nuevas oportunidades de trabajos en otros grupos y a las empresas, descubrir las capacidades de investigación que ofrece la universidad, para encontrar soluciones a sus problemas.

8. Evaluación del prototipo

Una vez explicados los requisitos y la arquitectura del sistema como resultados de la construcción de la ontología, se explicará a continuación la evaluación que se realizó a partir de la construcción de un prototipo del portal colaborativo de gestión de conocimiento para administrar el catálogo de capacidades de la universidad.

Con base en los requisitos y la arquitectura, se construyó un prototipo del portal colaborativo ya que es un modelo que permite compartir conocimiento y trabajar de forma colaborativa entre investigadores de manera virtual (Gavrilova y Jin, 2008).

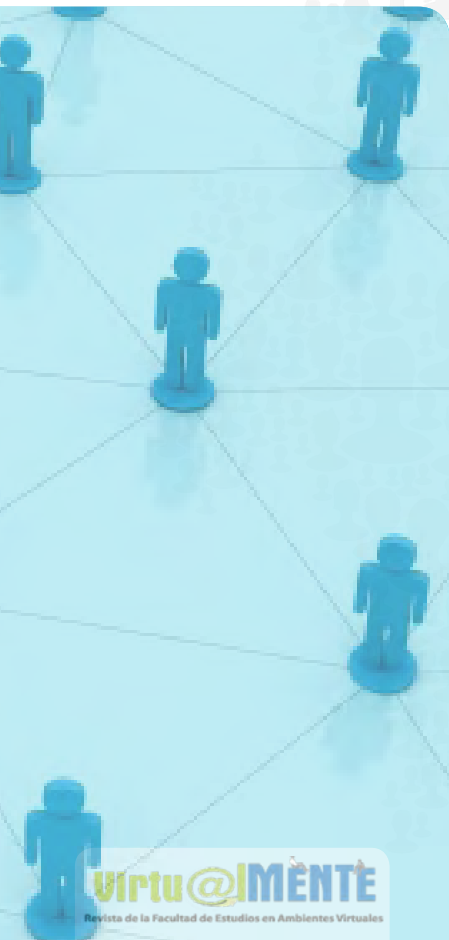


Figura 5. Diseño del Prototipo del Portal



Fuente. Elaboración propia del autor

Se muestra un ejemplo de la visualización del prototipo del portal como otro resultado de la construcción de la ontología, que se encuentra dividido en cinco secciones: encabezado, navegación, menú, etiquetas y contenidos. Este último, se encuentra en la parte central de la página y se muestra el contenido para cada opción del menú que se elige.

La más relevante para este portal, es la ontología es decir, el catálogo de capacidades que se muestra con una estrategia de navegación jerárquica que obedece a la construcción de la ontología y que permite integrar semánticamente las capacidades de investigación de los grupos de investigación y sobre todo, que las empresas puedan encontrar soluciones puntuales a sus problemas a través de este portal.

Este prototipo se evaluó usando el modelo **TAM**; primero, se construyó un video de la funcionalidad del sistema y se elaboró una encuesta que diligenciaron nueve investigadores, cuyos resultados se resumen a continuación:

VE (Variables de entrada):	3.6
FUP (Facilidad de uso percibida):	4.1
UP (Utilidad percibida):	3.5
AHU (Actitud hacia el uso):	3.8
CIU (Comportamiento en la Intención de Uso): AUH+UP	3.6

Las características de uso y utilidad, se basaron en las herramientas de colaboración y comunicación que ofrecía el portal, características que se calificaron con un 4.1 y 3.5 respectivamente, lo que significa que estas herramientas pueden llegar a fomentar el uso del sistema.

Con la construcción del catálogo de capacidades, se valida que la información tácita se hace explícita. Adicionalmente, con el resultado de la evaluación del prototipo se comprobó que hay una actitud de uso potencial del sistema de 3.8, lo cual permitirá la evolución del catálogo, el registro de dicha evolución y la interacción de las universidades con empresas.

9. Conclusiones

La ontología que se construyó de manera colaborativa para definir los requisitos del sistema, también se convirtió en el catálogo de capacidades de la universidad. Es allí, donde el uso de ontologías promueve el trabajo colaborativo y facilita la integración semántica.

El uso de herramientas que les permite a los usuarios interactuar de manera colaborativa junto con el uso de un patrón de colaboración, ayudan a identificar los conceptos y sus relaciones alrededor de una idea principal, en este caso, las capacidades de investigación.



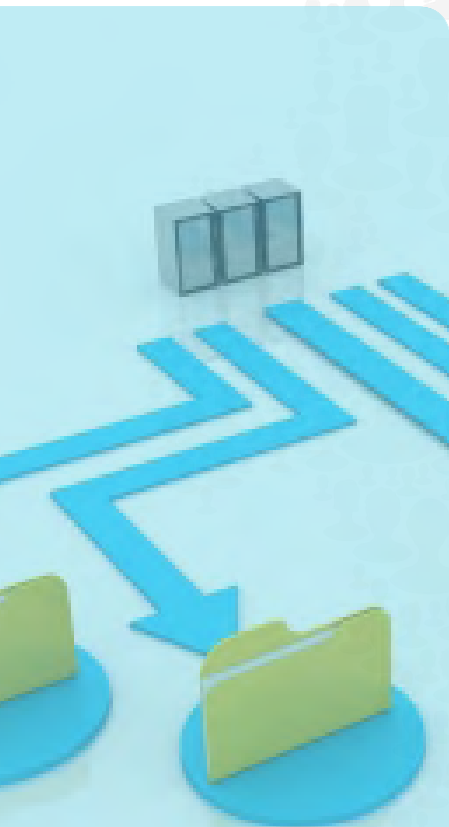
Además tener espacios colaborativos entre grupos de investigación de diferentes áreas de conocimiento puede contribuir a buscar soluciones puntuales de la industria.

Es importante el uso de las TIC, en especial de Internet, para construir relaciones entre las empresas y las universidades, que lleven a la solución de problemas, tal como se propone con la construcción del portal colaborativo.

La generación de una teoría, genera el valor investigativo del trabajo para poder llevar la solución a otros dominios de aplicación, donde se puedan aplicar los mismos pasos que se lleguen a definir en los meta-requerimientos y en el meta-diseño.

10. Referencias bibliográficas

- Arkaí Gud, R., Steven, P., Abhinaya, J., Tarun, M., Garush, P. y Pratibha, P. (2010). *Collaborative Conceptual Modeling Using an Ontology*. Springer Berlín Heidelberg.
- Barnes, S. (2002). *Knowledge management systems : theory and practice*. Australia; London: Thomson Learning.
- Borst, W. N. (1997). *Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse*. Enschede: Centre for Telematics and Information Technology.
- Collins, L. M., Mane, K. K., Martinez, M. L., Hussell, J. A. y Luce, R. E. (2005). *ScienceSifter: facilitating activity awareness in collaborative research groups through focused information feeds*. In First International Conference on e-Science and Grid Computing, 2005 (p. 8 pp.-47). IEEE. doi:10.1109/E-SCIENCE.2005.72
- Cummings, J. N. (2005). *Collaborative Research Across Disciplinary and Organizational Boundaries*. Social Studies of Science, 35(5), 703-722. doi:10.1177/0306312705055535



- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., y Warshaw, P. R. (1989). *User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models*. *Management Science*, 35(8), 982–1003. doi:10.1287/mnsc.35.8.982
- Deokar, A. V., Gwendolyn L. Kolfschoten, y Gert-Jan de Vreede. (2008). *Prescriptive Workflow Design for Collaboration-intensive Processes using the Collaboration Engineering Approach*. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 9(4), 11–20.
- Elizondo, L. L. y Ayala, F. (2007). *El equilibrio entre la enseñanza y la investigación en países latinoamericanos*. *Revista Iberoamericana de Educación*. Recuperado de <http://www.rieoei.org/deloslectores/1913Elizondo.pdf>
- Eskridge, T. (IHMC), Hayes, P. (IHMC), Hoffman, R. (IHMC), Warren, M. (Carma Productions). (2006). *Formalizing the Informal: A confluence of concept mapping and the semantic web* (Vol. 1). Presented at the Concept Maps: Theory, Methodology, Technology Proc. of the Second Int. Conference on Concept Mapping, San José, Costa Rica. Retrieved from <http://www.ihmc.us/sandbox/groups/coe/wiki/f8c65/attachments/50914/cmc2006-p199.pdf?sessionID=2003358653d6a052110f8270b68e03d33859418d>
- Fleury, A. L., Plonski, G. A., Dahmer, A. Z., y Schwartz, G. (2010). *Roadmapping for Educational Technology Services: Expanding educational and research capabilities at Higher Education Institutions*. In *Technology Management for Global Economic Growth (PICMET)*, 2010 Proceedings of PICMET '10: (pp. 1–10).
- Frankel, D. (2003). *Model driven architecture : applying MDA to enterprise computing*. New York: Wiley.
- Gavrilova, T., y Jin, H. (2008). *Ontology-Based Knowledge Portal Development for University Knowledge Management*. In *2008 Fourth International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management* (pp. 552–559). Gyeongju, South Korea. doi:10.1109/NCM.2008.237



- Giménez, V. M. y Martínez, J. L. (2006). *Cost efficiency in the university: A departmental evaluation model*. *Economics of Education Review*, 25(5), 543–553. doi:10.1016/j.econedurev.2005.05.006
- Gomes, A., Vivacqua, A. S. y Garcia, A. C. (2009). *Troubleshooting collaborative ontology design*. In 13th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, 2009. CSCWD 2009 (pp. 149–154). IEEE. doi:10.1109/CSCWD.2009.4968050
- Gómez-Pérez, A. (2004). *Ontological engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the Semantic Web*. London; New York: Springer.
- Gu, J., Xu, B. y Chen, X. (2008). *An XML query rewriting mechanism with multiple ontologies integration based on complex semantic mapping*. *Information Fusion*, 9(4), 512–522. doi:10.1016/j.inffus.2007.04.002
- Guarino, N. (1998). *Formal Ontology and Information Systems*, 3–15.
- Hayes, P., Saavedra, R. (2003). *A Collaborative Development Environment for Ontologies(CODE)*. Retrieved from <http://www.ihmc.us/sandbox/groups/coe/wiki/f8c65/attach-ments/8e-560/code.pdf?sessionID=2003358653d6a052110f8270b68e03d33859418d>
- Hayes, P., Eskridge, T., Mehrotra, M., Bobrovnikoff, D. (2005). *COE: Tools for Collaborative Ontology Development and Reuse*. Presented at the Knowledge Capture Conference (K-CAP). Retrieved from <http://www.ihmc.us/sandbox/groups/coe/wiki/f8c65/attachments/59fa9/HayesCOE.pdf?sessionID=2003358653d6a052110f8270b68e03d33859418d>
- He Lin, and Ding Huiping. (2007). *Analysis and evaluation of capability elements of logistics enterprise based on customer value creation*. *Journal of Fudan university*, 46, pp. 497–499.
- Held, M. y Blochinger, W. (2009). *Structured collaborative workflow design*. *Future Generation Computer Systems*, 25(6), 638–653. doi:10.1016/j.future.2008.12.005

- Institute for Human and Machine Cognition. (n.d.). *CmapTools*. IHMC *CmapTools*. Académica. Retrieved from <http://cmap.ihmc.us/>
- Macías, C. (2005). *Hacia un modelo de comunicación en salud pública en América Latina y el Caribe*. Revista Panamericana de Salud Pública, 427–438.
- Maier, R. (2007). *Knowledge Management Systems*. Information and Communication Technologies for Knowledge Management. Springer.
- MIT, ERCIM, Keio. (2012). *The World Wide Web Consortium (W3C)*. *The World Wide Web Consortium (W3C)*. Retrieved from <http://www.w3.org/>
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A. y Chatterjee, S. (2007). *A Design Science Research Methodology for Information Systems Research*. Journal of Management Information Systems, 24(3), 45–77. doi:10.2753/MIS0742-1222240302
- Pifarré, M. y Cobos, R. (2009). *Working collaboratively in small groups supported by KnowCat system: incidence on self-regulated learning processes*. In Proceedings of the 9th international conference on Computer supported collaborative learning - Volume 1 (pp. 636–640). International Society of the Learning Sciences. Retrieved from <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1600053.1600144>
- Pontificia Universidad Javeriana. (n.d.). *Congreso XI de Investigación. Un espacio para interactuar, cooperar e identificar oportunidades*. Académica. Retrieved from http://www.javeriana.edu.co/xicongreso/index.php?option=com_content&view=category&id=37&Itemid=87
- R. J. C. Watt. (2011). *Software for text analysis gives you better insight into electronic texts*. Concordance. Retrieved February 2, 2012, from <http://www.concordancesoftware.co.uk/>
- Schümmer, T., Mühlpfordt, M. y Haake, J. M. (2010). *Computer Supported Reflection of Good Practice*. In G. Kolfschoten, T. Herrmann, y S. Lukosch (Eds.), *Collaboration and Technology* (Vol. 6257, pp. 65–80). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from <http://www.springerlink.com/content/w5338un587077107/>

- Sonnenwald, D. H. (2008). *Scientific collaboration. Annual Review of Information Science and Technology*, 41(1), 643–681. doi:10.1002/aris.2007.1440410121
- Vasileiadou, E. (2012). *Research teams as complex systems: implications for knowledge management. Knowledge Management Research y Practice*. doi:10.1057/kmrp.2012.4
- Vasileiadou, E. y Vliegenthart, R. (2009). *Research productivity in the era of the internet revisited. Research Policy*, 38(8), 1260–1268. doi:10.1016/j.respol.2009.06.005
- Walls, J, Widmeyer, G.R, y El Sawy, O.A. (1992). *Building an Information System Design Theory for Vigilant EIS. Information Systems Research*, 3.
- Weiwei L. y Chunsheng S. (2008). *Evaluation for University Scientific Research Capability Based on FCE. In Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM '08. 4th International Conference on (pp. 1–4)*. doi:10.1109/WiCom.2008.1772
- Wilson, P. (1995). *Unused relevant information in research and development. Journal of the American Society for Information Science*, 46(1), 45–51. doi:10.1002/(SICI)1097-4571(199501)46:1<45::AID-ASIS>3.0.CO;2-X
- Zhang (2009). *Design of Collaborative Workflow System Based on UML State Model. In Computer Science-Technology and Applications, 2009. IFCSTA '09. International Forum on (Vol. 1, pp. 235–238)*. doi:10.1109/IFCSTA.2009.63
- Zúñiga, G.L. (2001). *Ontology (Vol. 2001, pp. 187–197)*. ACM Press. doi:10.1145/505168.505187