

Un modelo ontológico para representar la organización de una unidad educativa

José Abraham Baez Bagatella, Andrea Tamborrell Hernández, Hugo Lasserre Chávez, Orlando Ramos Flores, Mireya Tovar Vidal, Darnes Vilariño Ayala

Facultad de Ciencias de la Computación
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla, México

{icc.jbagatella, andietamborrell, hugoraziel, orlandxrf, mireyatovar, dvilarinoayala}@gmail.com

Resumen— En este artículo se describe un modelo ontológico que puede servir para representar la información y organización de una institución de enseñanza e investigación en la ciudad de Puebla, México. El modelo ontológico es capaz de responder preguntas basadas en lógica relacionadas con la institución tales como organización de personal, localizaciones dentro de la institución, líneas de investigación, áreas de conocimiento entre otras. Para evaluar el modelo ontológico, se analizó un conjunto de preguntas de competencia en el lenguaje de consulta DLQuery del software Protégé. Los resultados de las consultas muestran la factibilidad del sistema para dar respuesta a preguntas hechas por el usuario para conocer algunos servicios que se ofrecen en la institución.

Palabras clave— Ontología; Sistema pregunta-respuesta; Representación del conocimiento;

I. INTRODUCCIÓN

Cualquier institución educativa cuenta con información, sobre la organización, infraestructura y planes académicos de la misma, para ser consultada por un grupo de usuarios, ya sea por el personal que labora ahí, los alumnos y personas externas que necesiten conocer alguna información en específico. Con ese objetivo se ha decidido crear un modelo ontológico que sea capaz de organizar y dar a conocer esta información. Primordialmente es necesario conocer qué es una ontología. De acuerdo a Paul Buitelaar y Philipp Cimiano [12] “Una ontología es una especificación explícita de una conceptualización compartida, lo que en esencia es una visualización del mundo o de un dominio en específico que ha sido estructurado por los miembros de su comunidad”.

Las ontologías son estructuras formales que apoyan la compartición y reuso del conocimiento. Pueden ser utilizadas para representar explícitamente la semántica de la información estructurada y semi-estructurada añadiendo soporte para adquirir, mantener y acceder a la información [5]. Cabe resaltar que las ontologías han sido utilizadas para el aprendizaje automático y la semántica de la información que puede ser consultada por humanos y por otras computadoras.

En la literatura existen modelos ontológicos orientados a los negocios, como el propuesto en [10], donde el enfoque está dado a un modelo de comercio electrónico, el modelo de la ontología está basado en cuatro pilares: innovación de productos, gestión de infraestructura, relaciones con los clientes y finanzas. En cambio en [2] proponen un modelo ontológico basado en una ontología superior que integra a múltiples ontologías de dominio específico, logrando así una arquitectura empresarial aumentando la expresividad de la ontología superior con aspectos específicos de dominio, los conceptos de estas ontologías se asignan mediante técnicas de integración para preparar los modelos integrados resultantes para su análisis.

Se ha propuesto una ontología que contenga información relacionada con los profesores, alumnos y personal administrativo, organización de departamentos o comisiones, materias, planes de estudio, líneas de investigación, proyectos e infraestructura, con el fin de difundir información estructurada acerca de una institución de educación superior en el estado de Puebla y que pueda ser consultada por humanos y otros sistemas computacionales.

En este artículo se describe el diseño e implantación de una ontología para una institución académica y un sistema de visualización de la información, el cual es capaz de responder una serie de preguntas que realicen personas internas y externas a la institución pueden realizar acerca de ella.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta la motivación; la sección 3 describe la propuesta del modelo ontológico a diseñar; la sección 4 presenta una evaluación del modelo ontológico basado en preguntas de competencia, y las interfaces construidas por esta tarea; y finalmente en la sección 5 se presentan las conclusiones.

II. MOTIVACIÓN

Actualmente las ontologías han pasado de ser un tema de filosofía a un tema de aplicación en la inteligencia artificial [5]. Hoy en día hay una cantidad enorme de datos en la web, los cuales carecen de estructura y son de difícil adquisición y acceso, se cree que al menos el 85% de la información en internet presenta esta característica [14]. Una empresa, un comercio o cualquier tipo de organización cuenta con estructuras y jerarquías en las cuales se apoya para el correcto orden y funcionamiento, sin embargo la información que se da a conocer de estas casi nunca posee una estructura en la semántica de su información, lo cual hace que los métodos de análisis automático sean un reto.

El interés de utilizar un modelo ontológico[6,7] para la descripción de una institución educativa se debe a que las ontologías son una manera organizada y estructurada de describir la información, lo cual es muy funcional para detallar los datos de una institución, dado que esta última también posee una estructura definida y organización.

Las razones de porque adoptar un modelo ontológico para describir a una institución es porque se pueden especificar de manera sencilla y sin ambigüedades los conceptos, además de conservar las jerarquías organizacionales, estructurales y académicas, también la capacidad de describir entidades para todos los atributos que las conforman, y por último la fácil manera de representar las relaciones que guardan entre ellas.

¿Por qué una ontología y no una base de datos?

De acuerdo a [9] una de las más grandes diferencias entre las ontologías y las bases de datos es el propósito para el que fueron creadas, mientras que las ontologías están enfocadas en dar significado y comprensión a sus elementos, las bases de datos se hicieron solo para almacenar datos. En [4] se dice que las ontologías manejan un nivel de abstracción superior al de las bases de datos, diferentes autores consideran a las ontologías como un medio para compartir conocimiento.

Una de las ventajas de utilizar una ontología en vez de una base de datos para un sistema institucional, es el razonador de sistema ontológico por ejemplo, podríamos dejar que el razonador infiera que si agregamos un individuo y lo añadimos como un maestro al ejecutar el razonador este inferiría que también es un administrativo mientras que en una base de datos este tipo de información se debe de ingresar de manera manual.

III. PROPUESTA DE MODELO ONTOLÓGICO

El modelo propuesto, se ha dividido en el planteamiento, la descripción de las entidades y clases de equivalencia. A continuación se detallan cada uno de estos tópicos.

A. Planteamiento

La institución cuenta con tres programas educativos: doctorado, maestría y licenciatura, además de contar con una planta académica de profesores, personal administrativo y alumnos. Los alumnos están inscritos en las licenciaturas y posgrados, donde los profesores imparten materias, además de dar asesorías a los alumnos. Las materias impartidas pertenecen a ciertas áreas de conocimiento y a dos diferentes planes de estudio, estas materias están distribuidas en las licenciaturas y posgrados. Los profesores, están categorizados por su grado académico, y tienen asignados diferentes cargos administrativos, en la dirección, secretarías académica y administrativa, y en diferentes departamentos, así como en los diferentes laboratorios que componen el espacio físico de la institución; otros espacios son, los salones, biblioteca y oficinas. Además existen proyectos donde los profesores y alumnos colaboran en su desarrollo, siguiendo líneas de investigación específicas. Una vez que se ha presentado de forma general este escenario, se procede a realizar un diseño de ontología que cubra todos los ámbitos.

B. Diseño de la ontología

El diseño de ontologías juega un papel prominente en la representación e ingeniería del conocimiento, la ingeniería de ontologías ha traído numerosas metodologías y principios de diseño para la construcción de ontologías, un gran número de propuestas se han realizado para facilitar el descubrimiento automático de clases a partir de los datos de dominio, pero la mayoría de los enfoques sólo han “abordado” un paso en el proceso global de la ingeniería de la ontología. El lenguaje de Ontologías Web (OWL) es un miembro importante de la familia de lenguajes para la representación del conocimiento [15,1]. Sin embargo el entendimiento humano para la especificación del lenguaje OWL es ciertamente difícil, más aún si la ontología es de grandes dimensiones, para ello se han desarrollado herramientas de software tales como Protégé, con el apoyo de otras herramientas como los razonadores y lenguajes de consulta estandarizados, tales como “DLQuery” que pueden ser procesados por razonadores.

Una ontología escrita en OWL consiste en un conjunto de axiomas que describen las clases, propiedades y las relaciones entre ellas. RDF/XML es usado como el lenguaje de etiquetado. OWL se divide en 3 sub lenguajes OWL-Lite, OWL-DL y OWL-Full [3]. OWL-DL soporta la máxima expresividad sin pérdida de completitud computacional y decidibilidad de los sistemas de

razonamiento. OWL-DL incluye todo el lenguaje OWL e incluye restricciones tales como la separación de tipo, es decir, una clase no puede ser también una persona o propiedad, una propiedad no puede ser también un individuo o clase y tiene propiedades computacionales deseables para los sistemas de razonamiento [8].

Las ontologías poseen diferentes componentes los cuales varían dependiendo del lenguaje utilizado para formar la ontología, estos componentes pueden ser separados en 2 tipos, aquellas que describen entidades de dominio que son: conceptos, individuos y relaciones; y aquellas que permiten el uso o describen a una ontología [13]. La ontología a diseñar en este artículo es del primer tipo y a continuación se describen cada uno de sus elementos:

- Concepto. Es una entidad tangible o pensable, es el componente fundamental de una ontología puesto que permite la clasificación de todos los componentes del dominio, normalmente se le denomina “clase”. Una entidad tangible puede ser un ser humano, una estructura física y cualquier cosa que se pueda percibir con los 5 sentidos. Los conceptos o clases poseen características que los identifican, en la creación de un documento de ontologías bajo el lenguaje OWL estas características son llamadas “*data properties*” y se refieren a los datos que describen las propiedades de una clase.
- Individuos. Instancias de los conceptos, es decir, un individuo es un ejemplar que cumple con todas las características de un concepto.
- Relaciones. Como el nombre lo indica se trata de las relaciones que hay entre los individuos a través de los conceptos, pero también de los conceptos con los individuos, ejemplificando la primera afirmación podría decirse que el concepto Profesor se relaciona con el concepto de Materia mediante la conjugación verbal “*imparte*”. A estas relaciones en el lenguaje de construcción de ontologías OWL se les conoce como “*object properties*”.

El proceso de validación de una ontología puede facilitarse utilizando razonadores, los cuales utilizan 2 técnicas de razonamiento, el razonamiento de contexto y el razonamiento de la ontología.

- Para el razonamiento de contexto, se puede tomar un enfoque formal para modelarlo, puede ser procesado con mecanismos de razonamiento lógico. El uso del razonamiento de contexto se divide en dos niveles: comprobación de la consistencia de contexto, y el contexto explícito.
- Razonamiento de la ontología, la descripción lógica permite especificar una jerarquía terminológica utilizando un conjunto restringido de fórmulas de primer orden. Estos requisitos incluyen el concepto de satisfactibilidad, subsunción de clase, la consistencia de clase, y el chequeo de instancia [16].

Para modelar la ontología es necesario entender la naturaleza del problema, que a simple vista puede notarse que se están planteando entidades complejas, por lo cual se puede emplear una estrategia básica para simplificar el trabajo: “*divide y vencerás*”. Resolviendo cada una de las entidades como una ontología o sub ontología que en conjunto crearán el modelo final. Para su diseño se utilizó Protégé, que es un editor de ontologías y framework para la construcción de sistemas inteligentes. La ontología consiste en 8 clases principales.

C. Descripción de las clases

- Ontología Persona: Este modelo ontológico describe a las personas que habitan la institución clasificándolos por alumnos y empleados. Por ejemplo, un empleado puede ser un profesor.
- Áreas de Conocimiento: Modelo ontológico que describe las áreas de conocimiento que se imparten en la institución.
- Espacios Físicos: La ontología de espacios físicos detalla la localización y nombre de los espacios físicos de la institución, como son bibliotecas, cubículos u oficinas de profesores, laboratorios, entre otros.
- Líneas de Investigación: Ontología en la cual sus habitantes son instancias con los nombres de las áreas de especialización para los alumnos de grados avanzados.
- Materias: Este modelo ontológico provee las diversas materias impartidas en la institución.
- Planes de Estudio: Modelo ontológico que informa acerca de los planes de estudios que se ofertan en la institución, cada plan de estudio es disjuncto uno del otro.
- Programas de Estudio: Ontología que clasifica los programas de estudio de la institución.
- Proyectos: Ontología con los proyectos que se encuentran en realización dentro de la institución.

D. Clases equivalentes (Axiomas).

Para definir de manera correcta cada una de las entidades anteriores, es necesario definir sus equivalencias dentro de la ontología. Un ejemplo de equivalencia es el siguiente:

“Un alumno es aquella persona que tiene nombre, matrícula y promedio”, al ser equivalente se puede leer de manera inversa “Aquella persona que tiene nombre, matrícula y promedio es un alumno”. Esto se hace para mantener la ontología consistente, de manera que si un alumno no tiene definido alguno de estos tres tipos de datos automáticamente deja de ser un alumno. En la Tabla I se muestran las clases de equivalencia de este modelo.

TABLE I. CLASES DE EQUIVALENCIA

| <i>Conceptos</i> | <i>Axioma</i> | <i>Significado</i> |
|------------------------|---|---|
| Persona | tieneNombrepersona some xsd:string | Una persona es aquella que tiene un nombre de tipo string. |
| Alumno | Persona and (tieneMatricula some xsd:string) and (tienePromedio some xsd:float) | Un alumno es una persona que tiene una matrícula de tipo string y un promedio de tipo flotante. |
| Empleado | Persona and (tieneIdEmpleado some xsd:string) | Un empleado es una persona que tiene un identificador de empleado de tipo string. |
| Administrativo | Empleado and (tienePlaza some xsd:string) | Un administrativo es un empleado que tiene una plaza de tipo string. |
| Profesor | Empleado and (tieneGrado some xsd:string) and (tieneHorariodeAsesoria some xsd:string) and (tieneHorasClase some xsd:int) | Un profesor es un empleado que tiene un grado de estudio de tipo string, un horario de asesoría de tipo string y un total de horas de clase de tipo entero. |
| Área de Conocimiento | tieneNombreAreaConocimiento some xsd:string | Un área de conocimiento es aquella que tiene un nombre de área de conocimiento de tipo string. |
| Espacio Físico | tieneNomenclaturaEdificio some xsd:string | Un espacio físico es aquel que tiene una nomenclatura de tipo string. |
| Biblioteca | EspacioFísico and (tieneHorarioDeAtencionDesde some xsd:string) and (tieneHorarioDeAtencionHasta some xsd:string) and (tieneNombreBiblioteca some xsd:string) | Una biblioteca es un espacio físico que tiene un horario de atención desde una hora hasta otra de tipo string y un nombre de biblioteca del mismo tipo. |
| Cubículo | EspacioFísico and (not (tieneHorarioDeAtencionDesde some xsd:string)) and (tieneNumeroCubiculo some xsd:string) | Un cubículo es un espacio físico, destinado a uno o más profesores y tiene un número para identificarse. |
| Dirección | EspacioFísico and (not (tieneHorarioDeAtencionDesde some xsd:string)) and (not (tieneHorarioDeAtencionHasta some xsd:string)) and (tieneUbicacionDireccion some xsd:string) | Es un espacio físico compuesto por varias secretarías y departamentos. |
| Laboratorio | EspacioFísico and (tieneHorarioDeAtencionDesde some xsd:string) and (tieneHorarioDeAtencionHasta some xsd:string) and (tieneNombreLaboratorio some xsd:string) | Un laboratorio es un espacio físico que tiene un horario de atención desde una hora y hasta otra de tipo string y tiene un nombre de laboratorio. |
| Salón | EspacioFísico and tieneNumeroSalon some xsd:string | Un salón es un espacio físico que tiene un número de salón de tipo string. |
| Línea de Investigación | LineaInvestigacion and (tieneNombreLineaInv some xsd:string) | Una línea de investigación es aquella que tiene un nombre de línea de investigación de tipo string. |
| Materia | Materia and (tieneCodigoMateria some xsd:string) and (tieneCreditoMateria some xsd:int) and (tieneNivelMateria some xsd:string) and (tieneNombreMateria some xsd:string) | Una materia es aquella que tiene un código, crédito, nivel y nombre de materia de tipo string. |

| | | |
|---------------------|--|---|
| Plan de Estudio | PlanEstudio and (tieneAñoInicioPlanEstudio some xsd:int) and (tieneNombrePlanEstudio some xsd:string) | Un plan de estudio es aquel que tiene un año de inicio de tipo entero y un nombre de plan de estudio de tipo string. |
| Programa de Estudio | ProgramaEstudio and (tieneClaveProgramaEstudio some xsd:string) and (tieneDuracionProgramaEstudio some xsd:int) and (tieneNombreProgramaEstudio some xsd:string) | Un programa de estudio es aquel que tiene una clave y un nombre de tipo string. Así como también una duración de tipo entero. |
| Doctorado | ProgramaEstudio and (tieneDuracionProgramaEstudio value "4"^^xsd:int) | Un doctorado es un programa de estudio que tiene una duración de cuatro años. |
| Licenciatura | ProgramaEstudio and (tieneDuracionProgramaEstudio value "5"^^xsd:int) | Una licenciatura es un programa de estudio que tiene una duración de cinco años. |
| Maestría | ProgramaEstudio and (tieneDuracionProgramaEstudio value "2"^^xsd:int) | Una maestría es un programa de estudio que tiene una duración de dos años. |
| Proyectos | Proyecto and (tieneBibliografiaProyecto some xsd:string) and (tieneTituloProyecto some xsd:string) | Un proyecto es aquel que como mínimo tiene una bibliografía y un título de tipo string. |

El diseño general de la ontología se visualiza de una manera más clara en la Fig. 1, donde se puede apreciar las clases y subclases que la componen.



Fig. 1. Modelo general de la ontología.

IV. EVALUACIÓN

La principal contribución de esta ontología es la estructuración de la información, que ahora se puede recuperar con motores de consulta y razonadores, es posible consultar esta ontología formulando preguntas en lenguaje natural, para posteriormente llevarlas a un lenguaje de consulta estándar en DLQuery. De acuerdo a [14] para poder determinar el alcance de la ontología se puede crear una lista de preguntas que la base de conocimientos de la ontología debería de ser capaz de responder, esas preguntas servirán como prueba de control de calidad. La Tabla II muestra una serie de preguntas formuladas y denominadas como “de competencia” que este modelo será capaz de responder.

TABLE II. TABLA PREGUNTAS DE COMPETENCIA Y SU CORRESPONDIENTE PREGUNTA EN *DLQUERY*.

| <i>Pregunta</i> | <i>Contexto de interés</i> | <i>Consulta en DLQUERY</i> |
|--|---|---|
| ¿Quién es el director? | Se quiere saber el nombre del director de la institución. | Persona and Empleado and Profesor and tienePlaza value "Director"^^xsd:string |
| ¿Dónde se encuentra el laboratorio Módulo 4? | La ubicación física mediante nomenclatura de la institución donde se encuentra dicho laboratorio. | Laboratorio and tieneNombreLaboratorio value "Módulo 4"^^xsd:string |
| ¿Qué profesores imparten la materia de bases de datos? | Un alumno vigente puede estar interesado en que profesores son especialistas e imparten la materia de bases de datos. | Profesor and imparteMateria some (Materia and tieneNombreMateria value "Administración de Bases de Datos") |
| ¿Cuántos laboratorios de cómputo existen? | La institución u otras personas que quieran saber la cantidad de laboratorios de cómputo con los que cuenta la institución. | EspacioFisico and Laboratorio and tieneTipoLaboratorio value "Software"^^xsd:string |
| ¿Qué docentes tienen doctorado? | Se desea saber los profesores que imparten clases en la institución que poseen el grado de doctor. | Persona and Empleado and Profesor and tieneGrado value "Dr."^^xsd:string |
| ¿Qué profesores dan clases a posgrado? | Una persona que desee conocer el plantel de profesores que imparten clases a nivel posgrado. | Profesor and imparteMateria some (Materia and selImparteMateriaEn some (ProgramaEstudio and Maestria)) |
| ¿Cuáles son los profesores de la planta básica de la maestría? | Una persona que desee conocer el plantel de profesores que imparten clases a nivel maestría únicamente. | Profesor and imparteMateria some (Materia and selImparteMateriaEn value maes1) |
| ¿Quiénes son los coordinadores de carrera? | Una persona o la misma institución pueden saber quiénes poseen el cargo de coordinador de carrera. | Profesor and (coordinaDoctorado some {doc1}) or (coordinaLicenciatura some {lic1} or coordinaLicenciatura some {lic2} or coordinaLicenciatura some {lic3}) or (coordinaMaestria some {maes1}) |

Las consultas generadas mediante el lenguaje DLQuery solo devuelven a los individuos que coinciden con las restricciones, para obtener la información deseada es necesario construir un sistema de recuperación de información de estos individuos con respecto a la ontología, es decir, consultar sus propiedades de datos y así obtener los valores. Se ha desarrollado un sistema escrito en lenguaje JAVA para presentar una interfaz gráfica que pueda obtener los resultados deseados por la pregunta de competencia, como se aprecia en la Fig. 2, esta interfaz implementa dos librerías:

- OWLAPI: Es una extensa librería con clases e interfaces capaces de interpretar y organizar los datos de una ontología. Esta librería requiere de un razonador para la realización de consultas.
- HermiT Reasoner: Un razonador también construido mediante el lenguaje JAVA, utilizado para obtener inferencia y realizar consultas.

Con esta implementación y gracias a la interfaz gráfica, es posible obtener los resultados deseados para cada pregunta de competencia directamente de la ontología, informado de manera breve las propiedades y clasificación de cada resultado. Además, es posible para los usuarios de la interfaz, actualizar la población de la ontología (como se puede apreciar en la Fig. 3).

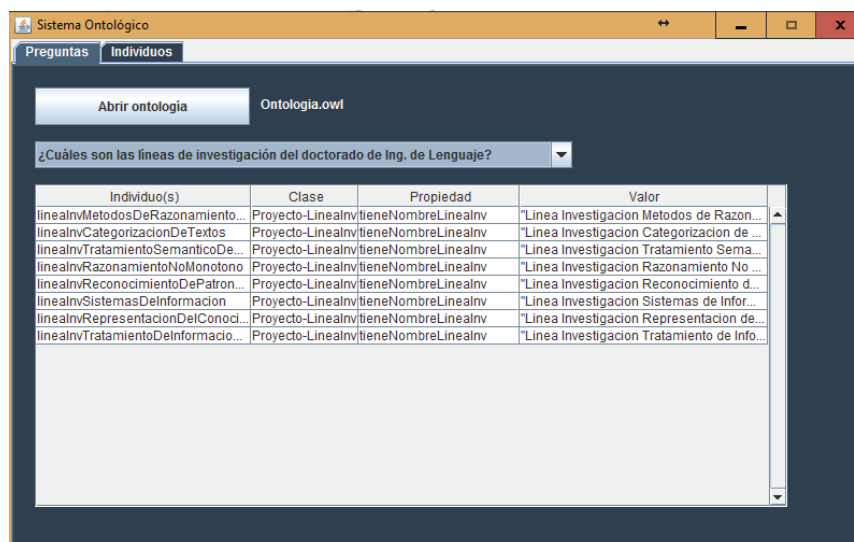


Fig. 2. Software de Consulta de la ontología

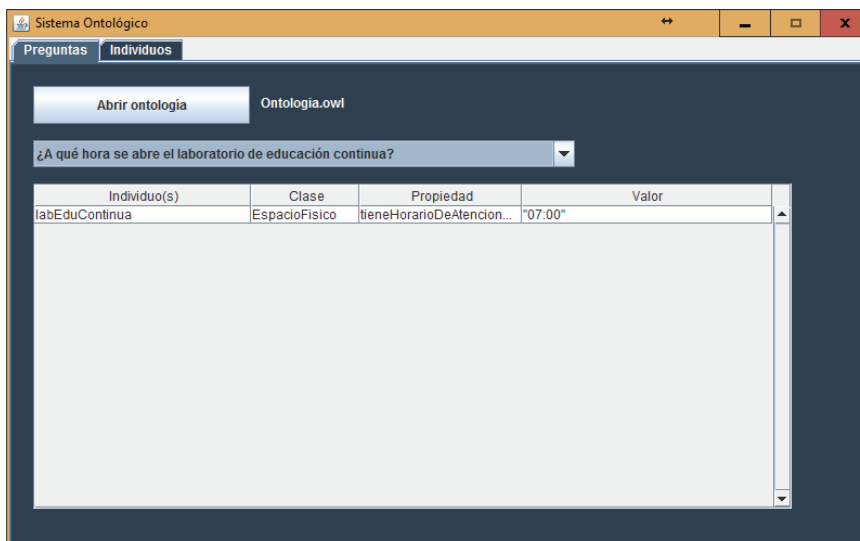


Fig. 3. Software de Consulta de la ontología.

V. CONCLUSIONES

Se puede concluir que el diseño de un modelo para la ontología de una institución educativa, brinda una forma eficiente de consulta y modularidad en su creación, para obtener información específica de conceptos más abstractos. No es necesario que sea una institución de grandes dimensiones físicas o de gran cantidad de personal, los modelos ontológicos son una gran forma de estructurar la información.

Como se mencionó previamente en [11] es necesario que las preguntas de competencia actúen como una prueba de control de calidad de la ontología para determinar si se tiene información suficiente y detallada para poder responder cada una de las preguntas planteadas, las cuales son respondidas de manera correcta en este trabajo.

Como trabajo a futuro se pretende desarrollar una ontología más amplia, que abarque más unidades académicas, ya que algunas incluyen información adicional, que no se contempló para el modelo de esta ontología, además de reutilizar las ontologías

que se desarrollaron para este trabajo, ya que como es bien sabido, la reutilización es uno de los aspectos que caracterizan a las ontologías.

VI. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación es parcialmente apoyada por el proyecto PRODEP-SEP ID 00570 (EXB-792) DSA/103.5/15/10854, por el proyecto ID 00570 VIEP-BUAP. Proyecto 257357, Apoyado por el Fondo Sectorial de Investigación para la Educación. BUAP-CA-293 Ingeniería del Lenguaje y del Conocimiento.

VII. REFERENCIAS

- [1] Alexander Maedche y Steffen Staab. "Mining Ontologies from Text". Knowledge Engineering and Knowledge Management Methods, Models, and Tools. Vol. 1937 LNCS, 2002, pp. 189-202.
- [2] Antunes, G., Bakhshandeh, M., Mayer, R., Borbinha, J., & Caetano, A. "Ontology-based enterprise architecture model analysis". In Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing. ACM, 2014, pp. 1420-1422.
- [3] Anusuriya Devaraju y Simon Hoh. "Ontology-based Context Modeling for User-Centered Context-Aware Services Platform". Information Technology, 2008. ITSIM 2008. International Symposium on, vol. 2, pp. 1-7. IEEE, 2008.
- [4] Carmen Martínez-Cruz, Ignacio J. Blanco and M. Amparo Vila "Ontologies versus relational databases: are they so different? A comparison" pp 7 2011.
- [5] Dieter Fensel, "Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce", Springer – Verlag, New York, Inc., Secaucus, NJ, USA 2004.
- [6] Maricela Bravo, Fernando Martínez Reyes y José Rodríguez. "Representation of an Academic and Institutional Context Using Ontologies". Research in Computing Science, Vol. 87, 2014, pp. 9-17.
- [7] Maricela Bravo, Joaquín Pérez, José Velázquez, Víctor Sosa, Azucena Montes and Máximo López. "Design of a shared ontology used for translating negotiation primitives". International Journal of Web and Grid Services 2 no. 3. pp 237 – 259. 2006
- [8] Michael K. Smith, Chris Welty y Deborah L. McGuinness. "OWL Web Ontology Language Guide". URL: <https://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/#OwlVarieties>. 2004.
- [9] Michal Sir, Zdenek Bradac and Petr Fiedler. "Ontology versus Database". pp 3 2015.
- [10] Misra, Ashish And Dixit, Anand Kumar And Jain, Manish. "The Enterprise Ontology for Modeling e-Business". Oriental Journal Of Computer Science & Technology. Vol. 4, 2011, pp. 455-458.
- [11] Natalya F. Noy and Deborah L. McGuinness. "Desarrollo de Ontologías-101: Guía Para Crear Tu Primera Ontología". pp 7-8. 2005.
- [12] Paul Buitelaar y Philipp Cimiano, "Ontology Learning and Population: Bridging the Gap between Text and Knowledge", IOS Press. Nieuwe Hemweg 6B, 1013 BG Amsterdam, Netherlands, vol. 167, 2008.
- [13] Phillip Lord, "Components of an Ontology". Ontogenesis. <http://ontogenesis.knowledgeblog.org/514>, 2010.
- [14] Raj Sharman, Rajiv Kishore y Ram Ramesh. "Ontologies: A Handbook of Principles, Concepts and Applications in Information Systems", Vol. 22, Springer, New York, USA, 2007.
- [15] Rinke Hoekstra. "Ontology Representation Design Patterns and Ontologies that make sense". IOS Press BV, Nieuwe Hemweg 6B, 1013 BG Amsterdam, Netherlands, 2009.
- [16] Wang, Xiao Hang, et al. "Ontology based context modeling and reasoning using OWL." Proc. 2nd IEEE Conf. Pervasive Computing and Communications (PerCom 2004) Workshop on Context Modeling and Reasoning, IEEE CS Press, 2004, pp. 18-22.