

Modelo ontológico de un patrón de arquitectura de objetos de aprendizaje basados en competencias para carreras de ingeniería

Jimena Bourlot
GIDIS - FICH
Universidad Nacional del Litoral
Santa Fe, Argentina
jimebourlot@gmail.com

Viviana Santucci
GIDIS - FICH
Universidad Nacional del Litoral
Santa Fe, Argentina
vsantucci@unl.edu.ar

Mariel Ale
CIDISI - FRSF
Universidad Tecnológica Nacional
Santa Fe, Argentina
mariel.ale@gmail.com

Lucila Romero
GIDIS - FICH
Universidad Nacional del Litoral
Santa Fe, Argentina
lbromero@gmail.com

Resumen—En el presente trabajo se expone una propuesta para el diseño de Objetos de Aprendizaje (OA), que abarca la perspectiva pedagógica y computacional, que permite componer materiales educativos basados en competencias en carreras de ingeniería de acuerdo con los estándares y lineamientos propuestos por CONFEDI. Desde el punto de vista pedagógico se analiza el enfoque de formación por competencias próximo a implementarse en las universidades de Argentina. A partir de la perspectiva computacional, se presenta un patrón de arquitectura modelado a través de una ontología, para la producción de OAs que sigan el enfoque considerado. Como resultado se obtiene un modelo consistente que integra los elementos propuestos, y que además es legible por computadora, lo cual permite su automatización.

Palabras Clave:—objetos de aprendizaje, formación por competencias, ontologías.

I. INTRODUCCIÓN

Nuevos paradigmas, como la sociedad del conocimiento, la globalización, las redes, y la actual economía conforman un escenario particular que requiere de nuevas formas de intercambio y de comunicación [1].

En palabras del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) de Argentina, “Hay consenso en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos, sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo”.

Estos aspectos demandan que las Universidades formen profesionales con estas características, surgiendo el concepto del egresado universitario como un ser competente, dotado de

un conjunto de competencias que le permiten tener una visión sistémica de la sociedad y ejercer su profesión en función de ello.

El concepto de competencias posee diferentes acepciones, de acuerdo al enfoque presentado por distintos autores. En particular, se adopta la definición del CONFEDI: es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales [2].

En junio de 2018, se da en Argentina un hito para la educación superior, y en particular en las carreras de Ingeniería, al iniciar la implementación de la denominada Formación por Competencias (FPC). Fue aprobada la “Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería” -que se conoce como Libro Rojo-, por parte del CONFEDI. Este documento define las competencias genéricas y específicas con las que debe contar un ingeniero al egresar de la Universidad, en consonancia con la “Declaración de Valparaíso” que caracteriza al Ingeniero Iberoamericano y que orienta a las facultades de la región en el proceso de formación [3].

Esto último propone un cambio paradigmático en la formación de ingenieros, en tanto ponen su foco en el estudiante y en el proceso de enseñanza y aprendizaje [4]. De esta forma, el proceso se encamina en el desarrollo de un saber para su aplicación en situaciones de la vida real y más concretamente resolución de problemas en la práctica, lo cual hace necesario dar un análisis que permita la creación de materiales de aprendizaje en consonancia con las competencias que se quieran desarrollar, y los objetivos que se pretenden alcanzar.

Con el auge de la educación mediada por tecnologías

(e-learning), se ha podido evidenciar una fuerte incorporación de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). De este modo, los docentes pueden aprovechar las tecnologías con diversos propósitos, tanto educativos como de soporte a las tareas vinculadas a su actividad. Dentro del conjunto de herramientas, y poniendo el foco en los materiales de aprendizaje, se encuentran los Objetos de Aprendizaje (OA).

Los OA poseen múltiples definiciones, de las cuales se adopta la más abarcativa de ellas, teniendo en cuenta el contexto analizado. Los objetos de aprendizaje son un tipo de material educativo, abierto y digital, compuesto por una estructura interna y otra externa. La primera está conformada por un objetivo de aprendizaje, un contenido alineado al objetivo, un conjunto de actividades para aprender el contenido y un instrumento de evaluación que mide el logro del objetivo planteado; la segunda, por un conjunto de metadatos que facilitan su almacenamiento, búsqueda y recuperación en repositorios de la Web, con el objetivo de reutilizarlos en cualquier plataforma de software y en una diversidad de situaciones pedagógicas [5].

Para crear objetos de aprendizaje con contenidos pertinentes y de calidad, se debe formar e incentivar a los docentes en el proceso de aplicación de técnicas de diseño de los recursos, antes de ser incorporados al proceso educativo. En particular, en las actividades de enseñanza y aprendizaje de las disciplinas afines a la ingeniería, donde se requiere que los contenidos además de promover el aprendizaje contribuyan al fortalecimiento de competencias interpretativas, argumentativas y propositivas en los estudiantes [6].

Teniendo en cuenta que se analiza el dominio de la educación, una forma de representación del conocimiento de este tipo son las ontologías. Se utilizará una ontología para representar los elementos del dominio de los OA con enfoque de FPC, ya que se considera que las ontologías son herramientas completas con capacidad computacional para expresar todos los componentes involucrados (términos, relaciones, reglas, axiomas).

El concepto de ontología, tal y como lo describe la literatura, tiene asociadas variadas definiciones. A los fines de este trabajo, se considera la que se ajusta mejor al contexto de la enseñanza y que se basa en el trabajo de Maedche ([7]). Definición 1. Una ontología es una 6-tupla formada por conceptos, relaciones, jerarquía, una función que relaciona los conceptos de forma no taxonómica, un conjunto de axiomas y un conjunto de reglas. Formalmente: $O := \{C, R, H, rel, A, Ru\}$ donde:

- Dos conjuntos disjuntos, C (conceptos que representan clases de objetos) y R (relaciones que describen relaciones binarias entre conceptos).
- Una jerarquía de conceptos, una relación dirigida $H C x C$ que se denomina jerarquía de conceptos o taxonomía. Así, $H(C1, C2)$ significa que $C1$ es un subconcepto de $C2$.
- Una función $rel : R \rightarrow C x C$ que relaciona los conceptos de forma no taxonómica.

- Un conjunto de axiomas A que son sentencias lógicas siempre verdaderas que expresan las propiedades del paradigma del modelo, expresadas en un lenguaje lógico apropiado.
- Un conjunto de sentencias lógicas sobre el dominio del discurso Ru (reglas) expresadas en un lenguaje lógico apropiado.

Lo expuesto anteriormente refleja la necesidad de contar con herramientas que faciliten la incorporación de materiales de aprendizaje en consonancia con la FPC, teniendo en cuenta la mediación de las TIC en el proceso, a través del uso de OA. Es por ello que el objetivo del presente artículo es brindar una propuesta de modelo de patrón de arquitectura de OA para entornos formativos basado en la FPC en carreras de ingeniería. La definición formal de la misma se realizará a partir de la creación de una ontología que incluye los elementos de enseñanza que responden a unidades mínimas de aprendizaje reutilizables y están orientados a tipos específicos de contenidos necesarios para el desarrollo de competencias. Este patrón será interoperable, por lo que puede ser consultado por los interesados al momento de desarrollar un OA. Fundamentalmente puede ser utilizado por desarrolladores de software educativo, dado que se puede integrar el patrón arquitectónico del OA a la arquitectura del mismo.

El presente artículo se estructura de la siguiente manera: en la Sección II se presentan los materiales y métodos que sirvieron de herramientas para generar la propuesta presentada, la cual se muestra en la Sección III; en la Sección IV se describen las pruebas y los resultados obtenidos a partir de ellas; y en la Sección V se analizan las conclusiones.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II-A. Análisis del Estado del Arte

En primer lugar, para avanzar en la conformación de un patrón de diseño de OA en un contexto de FPC, es ineludible realizar en un primer momento un análisis del dominio de los OA desde los puntos de vista técnico y pedagógico para educir requerimientos con respecto a su estructura, aspecto en el cual se debe poner el foco si se desea una reusabilidad de los mismos teniendo en cuenta el enfoque analizado. Para ello se lleva adelante una revisión de las metodologías y distintas propuestas de estructura para los OA, que permitan arribar a un modelo formal que incluya los aspectos más relevantes.

Como resultado de identificar los enfoques correspondientes a distintos autores, se pudo identificar que en cuanto a la estructura de un OA, se dan dos tipos fundamentales de perspectivas: (1) trabajos que destacan la definición de competencias profesionales perseguidas y su relación con el contenido plasmado en los OA, pero no se da una especificación clara de la estructura que deben tener para propiciarlo; (2) trabajos en los que se identifican componentes que deben formar parte del OA, pero no hay una relación entre los mismos y las competencias o los resultados de aprendizaje (RA) perseguidos; y (3) trabajos que tienen en cuenta la FPC, y proponen o aplican metodologías que

distinguen componentes específicos del OA para desarrollar ese enfoque.

II-A1. trabajos que destacan la definición de competencias profesionales perseguidas y su relación con el contenido plasmado en los OA, pero no se da una especificación clara de la estructura que deben tener para propiciarlo: Dentro de este grupo se encuentran producciones como la de Castro y otros [8]. Los mismos aplican la metodología MARCODA de creación de OA, teniendo en cuenta la FPC para realizar la planificación de lo que denominan “Contenido Digital de Aprendizaje”, lo cual se realiza en la etapa inicial del desarrollo, pero no prevé una estructura apropiada para el enfoque. De manera similar, se encuentra la propuesta de Martínez-Palmera [9]; o el trabajo de Serna y colaboradores [10], en la cual se menciona que el OA debe estar contextualizado con su realidad y permitirle al usuario revisar conceptos, objetivos de aprendizaje y competencias requeridas, sin dar mayores detalles acerca de cómo impacta esto de manera práctica en estructura final.

Por otra parte, el modelo MIDOA, propuesto por Barajas y otros [11], tiene en cuenta cinco etapas: Análisis, Diseño, Desarrollo, Uso y Evaluación. En las mismas se desarrolla un análisis de competencias y requisitos que permiten definir patrones que se diseñan particularmente para abordar una competencia.

II-A2. trabajos en los que se identifican componentes que deben formar parte del OA, pero no hay una relación entre los mismos y las competencias o los resultados de aprendizaje (RA) perseguidos: Como parte de esta sección, se hallaron diseños de OA inclusivos, tales como los presentes en [12] y [13], y también se pueden ver propuestas de desarrollo de OA en espiral [14]. A partir de las estructuras que se observan en estos trabajos, y en propuestas como la de Zambrano y colaboradores [15], se puede ver que coinciden en las siguientes partes del OA: objetivo de enseñanza, actividades de aprendizaje, evaluación y metadatos.

Morales y Velasco [16] analizan propuestas de metodologías de Latinoamérica, y dan cuenta de los elementos básicos que se ven involucrados en ellas: Objetivo de aprendizaje, el cual describe lo que aprenderá el estudiante, y debe ser medible a partir de actividades y evidencias de aprendizaje; Actividades de aprendizaje, que persigan la adquisición de competencias a partir de propuestas de trabajo que desarrollen el contenido pertinente; Guía de actividades, que guían el itinerario del aprendizaje y permiten a los estudiantes lograr los objetivos que han sido definidos; Contenido, representado a través de distintos medios digitales, que permiten comunicar los saberes requeridos para el desarrollo de una competencia; Evaluación, la cual contiene actividades pensadas para que los estudiantes puedan verificar el nivel de dominio de la competencia asociada; y Metadatos, los cuales permiten la localización, almacenamiento y recuperación de los OA.

II-A3. trabajos que tienen en cuenta la FPC, y proponen o aplican metodologías que distinguen componentes específicos del OA para desarrollar ese enfoque: El trabajo de Romero y colaboradores [17] propone una metodología que involucra la definición de una estructura que integra las competencias abordadas, los RA que se persiguen, y el material para la enseñanza que se presenta. Los componentes que se plantean son: Contenido Educativo, el cual responde a las competencias específicas que se abordan; Actividades de aprendizaje, que se diseñan para presentar situaciones problemáticas que deben ser resueltas a partir de la integración de los recursos a disposición; y Evaluación del aprendizaje. Para llevar adelante la última, se recomienda la definición de criterios de evaluación y rúbricas analíticas para cada RA identificado en la fase inicial de la metodología. Sumado a esto, se menciona también la definición de metadatos para el OA.

La propuesta de Morgado y otros [18] aborda la creación de un OA compuesto por: Tema, Competencia, SubCompetencia, Objetivos, Contenido, Actividades y Ejemplos. En este caso se puede ver que se realiza una estructura que propicia un enfoque de FPC pero no se observa una incorporación de RA o rúbricas para evaluar las competencias que se desea que sean adquiridas. En el mismo sentido se encuentra la propuesta de Zambrano y Morales [19], que involucra la construcción de un guión de contenido que debe contener, para cada unidad didáctica, los siguientes componentes: Propósito, donde se presenta una introducción, alcance de la unidad y puntos clave; Estructura, que consiste en presentar la competencia general, cuál será el plan para evaluarla, y la secuencia de las subunidades didácticas; Presentación, teniendo en cuenta un plan de su desarrollo que incorpora las competencias con su forma de evaluación, con la correspondiente finalidad y duración de la unidad; y finalmente se desarrollan los distintos Temas de cada unidad, para los cuales se presenta la competencia asociada, Proceso a Seguir, Recursos, Tareas y Evaluación.

Starostenko, Alfredo Sanchez y otros, proponen en sus trabajos desarrollados en [20] y [21] un enfoque de formalización de recursos digitales de aprendizaje usando el Modelo Formal de Objetos de Aprendizaje (FLOM), el cual describe los componentes requeridos para construir OAs. Consideran que un OA debe estar compuesto de los siguientes elementos: Objetivos de aprendizaje: metas educacionales que deben ser cumplidas luego de utilizar el OA; Competencias/habilidades: capacidades, actitudes y valores adquiridos después de interactuar con el OA; Requisitos: conocimientos o competencias que el estudiante debe haber adquirido previamente en orden de ser apto para la utilización del OA; Contenido: recursos digitales que conforman el OA; Práctica: tareas que el estudiante debe realizar en interacción con el OA; Evaluación: mecanismos designados para medir el conocimiento adquirido luego de la interacción con el objeto de aprendizaje; Metadatos: identificadores predefinidos para facilitar el almacenamiento del OA, su organización y búsqueda.

Una estructura similar a la anterior es la propuesta por Mangina [22], que indica que es esperable que un OA sea adaptable, reusable, escalable y distribuible, y en

función de ello los componentes básicos que debe tener son: Requerimientos, Competencias, Objetivos, Tareas, Contenido, Evaluación. En esta propuesta no se identifica la presencia de metadatos.

II-B. Metodología para el desarrollo de ontologías

A partir de la estructura propuesta, se utilizará la metodología NEON, propuesta por Suárez-Figueroa y colab. [23]. La misma propone un ciclo iterativo e incremental basado en escenarios para construir redes de ontologías. Cada ciclo comprende las siguientes tareas: adquirir conocimiento, documentar, gestionar la configuración, evaluar y validar. Para el caso de esta propuesta, se seguirán los pasos indicados teniendo en cuenta que se incluye un conjunto de nueve escenarios para la construcción colaborativa ontologías y redes de ontologías, y de los mismos se opta por el primer escenario de la metodología, que aborda desde la especificación a la implementación, es decir, sin reutilizar los recursos de conocimiento disponibles.

III. PROPUESTA

Siguiendo la metodología NeOn, uno de los pasos iniciales es la definición de los requerimientos de la ontología. Para ello, se especifica en primer lugar el propósito de la misma. El objetivo general de este patrón, modelado a través de una ontología, consiste en ser una guía para quien se encargue del diseño y desarrollo de materiales educativos (considerados bajo la definición de OA) de las distintas asignaturas que componen el plan de estudios de una carrera de ingeniería, teniendo en cuenta que los mismos se encuentren diseñados bajo un enfoque de FPC. Para ello, los OA producidos mediante el uso de este patrón, deberán cumplir con los estándares de metadatos y empaquetamiento, considerando la perspectiva técnico-pedagógica del proceso, al involucrar RA y competencias asociadas al objeto de aprendizaje.

Posteriormente se realiza la definición del alcance de la ontología, el modelo de patrón de arquitectura a desarrollar se comprende para el desarrollo de OA orientados a carreras de ingeniería de Argentina. De este modo, el uso final previsto para el presente modelo consta de ser una guía a consultar por los interesados o usuarios del mismo, a la hora de desarrollar materiales educativos bajo el concepto de OA basados en competencias. En ese sentido, los usuarios previstos para la ontología que modela el patrón de arquitectura propuesto fueron definidos a partir de los identificados en el trabajo de Romero et. al ([17]), adaptando los mismos a la propuesta que se presenta. Así, los usuarios esperados son los siguientes:

- Experto Temático: guía la creación de contenidos. Para esto, elige los materiales para la enseñanza y los presenta de manera didáctica. Este rol lo pueden desempeñar uno o varios docentes de una asignaturas,
 - Diseñador Didáctico Instruccional: realiza sugerencias para incorporar materiales mediados por tecnología dentro del OA,
 - Experto Informático (EI): se encarga de los aspectos técnicos de la construcción del OA. Como resultado de esta tarea se obtiene un paquete integral que permite la publicación, de acuerdo con el estándar adoptado en el repositorio institucional que contenga los OA.
 - Diseñador Gráfico: conceptualiza y elabora material gráfico para comunicar de manera efectiva la información.
 - Coordinador: asiste a los participantes del proceso de creación del OA, teniendo en cuenta el patrón propuesto. Monitorea el avance del desarrollo del OA y garantiza el buen uso de los recursos. A su vez, detecta si existen nuevos requerimientos, y sugiere acciones correctivas en caso de ser necesarias.
 - Administrador de repositorio institucional (AR): inspecciona y participa en el proceso completo de publicación del OA,
 - Docente Responsable, que a partir de la interacción con el patrón tendrá la información necesaria para completar aquellos datos que permitirán que el OA sea una unidad autocontenida y apta para su publicación, para lo cual estará guiado por el AR y el EI.
 - Docentes: forman parte de quienes evalúan la usabilidad y calidad de uso del patrón propuesto para la creación de OA. Los docentes podrán reutilizar y adaptar OA que hayan sido diseñados anteriormente y se encuentren disponibles en repositorios institucionales abiertos. A partir de esto, será posible que propongan modificaciones en caso de ser necesario, o validen el uso.
 - Alumnos: realizarán una interacción directa con el OA, realizando las actividades que se proponen en el mismo. También forman parte de los agentes que participan en la evaluación de la calidad del patrón.
- Pasando a los requerimientos de la ontología, se toman como requerimientos no funcionales aquellos que derivan de las propiedades esperadas para un OA. Un patrón que permita el diseño de los mismos deberá cumplir a su vez con los aspectos que se espera satisfacer con el producto final a obtener. Entre ellos, se pueden mencionan los siguientes, algunos de los cuales fueron inferidos del análisis de calidad de OA en contextos universitarios desarrollado en [24]:
- Usabilidad: se espera que el patrón sea comprensible por los interesados que interactúen directamente con él.
 - Robustez: se espera que se tengan en cuenta la mayor cantidad de escenarios de uso posibles.
 - Interoperabilidad: se espera que los OA con este patrón contengan los datos necesarios para poder ser incluidos en distintos repositorios institucionales y otros contextos de aprendizaje.
 - Respuesta a principios de diseño para el aprendizaje mediado por tecnología: no contener componentes que no resulten relevantes o apoyen al aprendizaje.
 - Contextualización: si bien el contenido de un OA debe estar descontextualizado (no se debe hacer referencia a su ubicación en una asignatura, titulación o tiempo), se

contempla que un docente selecciona un OA para su aplicación en su propia propuesta formativa. De este modo se espera que el modelo presente elementos auxiliares que permitan al alumno, en interacción con el OA, ubicarse dentro del contexto particular de uso, resultándole más relevante y personalizado.

- Significatividad lógica: alineación de la propuesta de contenido del docente con los componentes del OA.
- Disponibilidad: contener una estructura que permita la adecuación del OA con estándares de metadatos y empaquetamiento que son requeridos por los repositorios, en especial aquellos de carácter educativo.

En relación con los requerimientos funcionales del modelo, se elaboraron una serie de preguntas de competencia que se espera que sean respondidas por el mismo. Entre ellas se destacan las que hacen referencia a la incorporación de un enfoque de FPC dentro de la estructura de un OA:

- ¿Qué OA aportan a una determinada competencia?
- ¿Cuáles son los resultados de aprendizaje que se asocian a un OA?
- ¿Cuáles son las actividades de aprendizaje que un OA proporciona?
- ¿Cuáles son los metadatos que identifican a un OA?
- ¿Cuáles son los OA que están descritos por un determinado conjunto de metadatos?
- ¿Cuál es la rúbrica analítica que se encuentra asociada a determinado resultado de aprendizaje?
- ¿Cuál es el resultado de aprendizaje que se evalúa con una rúbrica en particular?
- ¿Cuáles son los niveles de dominio que se encuentran definidos en una rúbrica analítica?
- ¿Cuáles son los criterios de evaluación que se encuentran definidos en la rúbrica analítica?
- ¿Qué descriptores detallan los criterios de evaluación definidos?

Al momento de definir un pre-glosario de términos, se confecciona una nómina de vocablos que se incluyen en las preguntas de competencia que han sido identificadas. A esto se le suman aquellos términos que surgieron del análisis del estado del arte desarrollado en la sección II-A. Teniendo en cuenta lo propuesto por diversos autores en cuanto a una estructura y las diversas secciones que componen un OA pensado para una formación acorde al enfoque de FPC, se puede ver en la Tabla I un resumen de aquellos componentes contemplados en los distintos enfoques hallados.

Analizando aquellas cuestiones fundamentales que debe contener un OA, y sumando aquellos componentes que son clave y pueden ser de estructura automatizable, se pueden observar los elementos comunes básicos:

- Competencia
- Resultado de Aprendizaje (RA)
- Rúbrica analítica: se compone de niveles de dominio, Criterios de evaluación que representan sumados el total del RA, y Descriptores que permiten representar cada uno de los niveles de acuerdo a los criterios definidos.

TABLA I
COMPONENTES PRESENTES EN LA ESTRUCTURA DE LOS OA SEGÚN DISTINTOS AUTORES

Componentes Estructura	Autores						
	[12], [13], [14] y [15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[21] y [20]	[22]
Requisitos / competencias previas						X	X
Introducción					X		X
Estructura de la unidad temática					X		
Presentación de la unidad temática					X		
Competencias a desarrollar				X		X	
Objetivo de aprendizaje / enseñanza	X	X		X		X	X
Contenido educativo / recursos		X	X	X	X	X	X
Guía de actividades		X					
Actividades de aprendizaje / práctica	X	X		X	X	X	X
Ejemplos				X			
Resultados de Aprendizaje			X				
Evaluación	X	X	X		X	X	X
Rúbricas			X				
Metadatos	X	X	X			X	

- Objetivo de aprendizaje: se corresponde con el objetivo del OA, que en un enfoque de FPC se reemplaza por los RA, pero se mantiene la estructura tradicional teniendo en cuenta un proceso de transición al nuevo enfoque.
- Contenido: se corresponde con aquellos saberes que se desean desarrollar, los que serán abordados a partir de la interacción con el OA. El contenido se representa de diferentes maneras de acuerdo a su forma semiótica: textos, enlaces externos, bibliografía, videos, presentaciones, entre otros.
- Actividades de aprendizaje.
- Evaluación: se trata de aquellas actividades evaluadoras de los aspectos abordados con el OA.
- Metadatos: permiten el indexado de los OA, para su posterior identificación, organización en repositorios institucionales, y reusabilidad.

Teniendo en cuenta que, tal como fue desarrollado en la introducción, la generación de OA teniendo en cuenta el enfoque de FPC involucra un cambio de paradigma que actualmente se encuentra en fase de implementación en las carreras de Ingeniería de la Argentina, esto tiene como consecuencia que cualquier propuesta que se presente deberá tener en cuenta este contexto al momento de ser descrita. Es por esto que,

además de los términos correspondientes a la estructura que surge del análisis de otros autores, se han adicionado otros términos auxiliares (representados por óvalos sin relleno) que añaden el contexto en el cual se enmarcan los OA basados en competencias. Entre estos se puede mencionar la presencia de la carrera, plan de estudio asociado a la misma, y las rúbricas analíticas que se componen de criterios, niveles de dominio y descriptores, y sirven como evaluación de los RA.

En la Fig. 1 se puede ver el modelo propuesto. En el mismo se integra toda la información contenida a partir del análisis de otras propuestas, las preguntas de competencia, y contemplando el enfoque de FPC, la cual incorpora los términos y relaciones que pudieron ser identificados. Estos últimos se describen con mayor profundidad a continuación. Un *ObjetoDeAprendizaje* es descrito por un conjunto de *Metadato*, el cual presenta un requisito destinado a establecer una comprensión común del significado o la semántica de los datos que se encuentran desarrollados en un OA. Por otra parte, posee un *ObjetivoDeAprendizaje*, que se mantiene de la estructura tradicional de los programas analíticos de asignaturas que no han sido adaptadas aún al enfoque de FPC; desarrolla un *Contenido* de acuerdo al enfoque de FPC, el cual se representa por su *FormaSemiótica* (esto refiere a que el contenido podrá ser representado mediante videos, textos, bibliografía recomendada, diapositivas, entre otras formas disponibles); proporciona un conjunto de *ActividadAprendizaje* alineadas al contenido que se desarrolla; aporta a una o varias *Competencia*, las cuales se encuentran definidas para cada carrera de acuerdo a los lineamientos establecidos por CONFEDI ([4]); y por último tiene asociado uno o varios *ResultadoDeAprendizaje*. Éstos son unidades menores de competencias, y permiten definir, en el enfoque de la FPC, aquello que anteriormente se presentaba como objetivos de una asignatura. De este modo, contribuyen en cierta medida al desarrollo de las competencias definidas para una carrera, pero se definen de manera particular para una asignatura.

Un *ResultadoDeAprendizaje* se evalúa con el uso de *RubricaAnalitica*. Una rúbrica analítica, según Brookhart (ver [25]), es un conjunto coherente de criterios para el trabajo de los estudiantes que incluye descripciones de los niveles de la calidad del desempeño en los criterios. Es por esto que tiene definidos *CriterioEvaluacion*, muestra una serie de *Descriptor*, y especifica una serie de *NivelDominio*. Entre estos elementos la relación es la siguiente: Un *CriterioEvaluacion* se expresa con un *Descriptor*, y a su vez, el grado de cumplimiento de éste, se mide con *NivelDominio*.

Pasando a los elementos contextualizadores auxiliares, se tienen en cuenta la *Carrera* que tiene especificada la *Competencia* a la cual aporta el OA y que se implementa en el *PlanDeEstudios* correspondiente, la *Asignatura* perteneciente al mismo y que se organiza con el *ProgramaAnalitico*, que es donde se define el o los *ResultadoDeAprendizaje* que el OA tiene asociados.

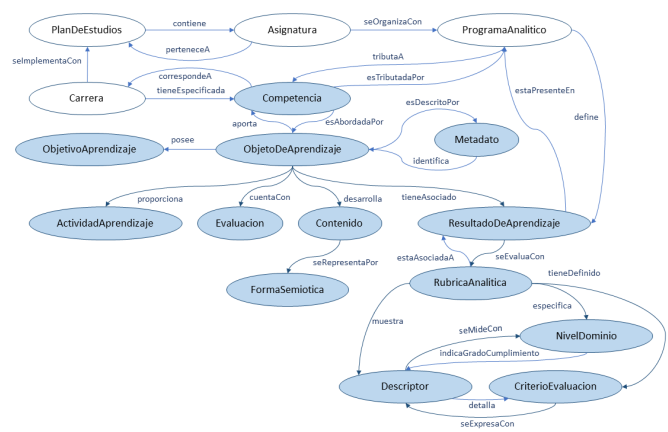


Fig. 1. Ontología Propuesta.

IV. PRUEBAS Y RESULTADOS

Luego de modelada la ontología se procedió a probar la misma, a través del proceso de instanciación, el cual puede verse esquematizado en la Fig. 2.

Se muestran, a continuación, las instancias que se ven presentes en el modelo, las cuales permitieron la interacción entre los elementos componentes del mismo a través de las relaciones definidas en la ontología. Para este caso, se presenta la confección de un OA que aborda la temática de la creación de Diagramas de Clase, que se corresponde con parte de los contenidos que se desarrollan a lo largo de la asignatura Ingeniería de Software II. La misma es dictada en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral, ubicada en Argentina.

De este modo, las instancias que se crearon son las siguientes:

- *PE_II_2006*: en este caso refiere al Plan de Estudios del año 2006. Si bien el mismo no se encuentra modelado bajo un enfoque de FPC, se contempla como ejemplo de la adaptabilidad del modelo con respecto a una etapa de transición.
- *A_IS2*: para el caso del OA de prueba, se trata de la asignatura Ingeniería de Software II, que actualmente corresponde al segundo año de la carrera.
- *PA_IS2*: corresponde a la instancia del programa analítico de Ingeniería de Software II. Éste plasma los objetivos de la asignatura, los contenidos mínimos a abordar, los conocimientos con los cuales se debe contar previo al cursado de la asignatura, y la metodología de enseñanza a llevar adelante.
- *C_II*: se trata de la carrera Ingeniería en Informática.
- *C_01*: el objeto de aprendizaje aporta a la siguiente competencia definida para la carrera Ingeniería en Informática: Especificar, proyectar y desarrollar sistemas de información.
- *OA_DC*: el OA que se instancia es aquel correspondiente al tema de modelado de Diagramas de Clase.
- *ObjA_DC_01*: uno de los objetivos definidos en el

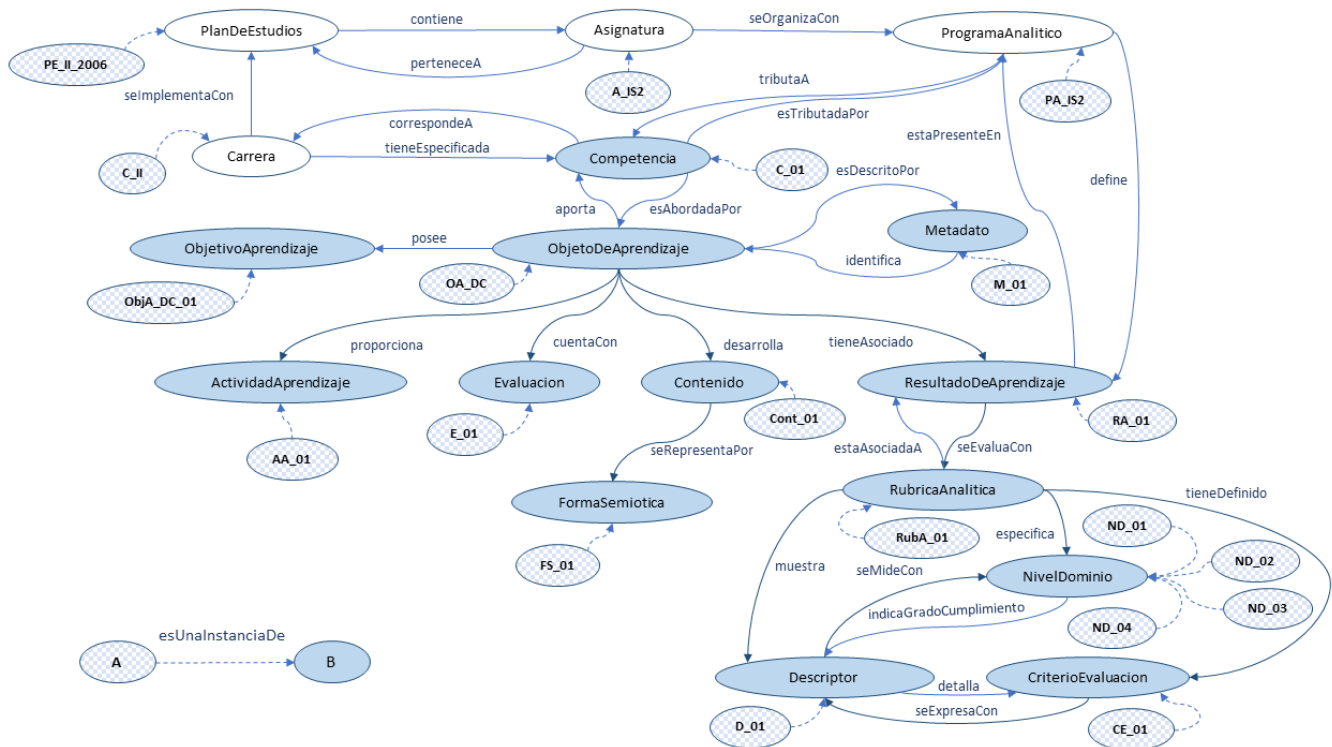


Fig. 2. Instanciación de la ontología.

programa analítico de la materia es el siguiente: Presentar una visión sistematizada del proceso de desarrollo de software integrando métodos, técnicas y herramientas de manera de propiciar la producción de software de calidad.

- *M_01*: es una instancia de los metadatos necesarios para la identificación de un OA. En el caso particular se pueden considerar a modo de ejemplo: Nivel de complejidad Medio, Autor María Pérez (docente de la asignatura), Nivel de interactividad mixto.
- *AA_01*: una de las actividades de aprendizaje que pueden instanciarse son problemas de ingeniería que abordan situaciones de la vida real que pueden modelarse utilizando diagramas de clase.
- *E_01*: corresponden a la evaluación de los contenidos que se desarrollan con el objeto de aprendizaje. Para este caso, se instancia una autoevaluación que consta de una serie de preguntas de tipo múltiple opción.
- *Cont_01*: es la instancia correspondiente a uno de los contenidos que se abordan en el tema de modelado de diagramas de clase. En este caso, se toma como uno de ellos la identificación de los elementos del sistema: clases y relaciones.
- *RA_01*: corresponde a una instancia de RA. Éstos deben ser escritos con una sintaxis en particular, la cual está compuesta de: [Verbo] + [Objeto] + [Finalidad(es)] + [Condición(es)]. Para el caso de diagramas de clase, el objeto de aprendizaje tiene asociado el siguiente resultado de aprendizaje: [Aplica] + [Técnicas de modelado]

+ [Para representar la vista estática de un dominio] + [Conforme al lenguaje de modelado unificado UML 2.0].

- *FS_01*: Para el abordaje de diagramas de clase, el contenido se presenta a través de conjunto de diapositivas que conforman su forma semiótica, las cuales sirven de herramienta en el desarrollo de las clases teóricas presenciales.
- *ND_01, ND_02, ND_03, ND_04*: estas instancias corresponden a los distintos niveles de dominio que especifica la rúbrica analítica. Los niveles de dominio son indicadores que muestran en qué medida se desarrolla una competencia a partir de los criterios. Los niveles instanciados fueron tomados de [26] y son los siguientes: Principiante, Básico, Competente y Experto.
- *RubA_01*: es la instancia de la rúbrica analítica que evalúa el resultado de aprendizaje previamente descrito. La misma contiene a los Descriptores considerados para cada criterio de evaluación y niveles definidos, los cuales se detallan a continuación.
- *D_01*: representa una instancia de un descriptor. El mismo se define para cada nivel de dominio y criterio. En este caso uno de los descriptores que forma parte de la rúbrica es: recuerda y comprende conceptos, pero no logra relacionarlos adecuadamente con la situación problemática. Requiere apoyo continuo.
- *CE_01*: corresponde a la instancia de un criterio de evaluación. El criterio es expresado para cada nivel de dominio a través de un descriptor. Para redactar los

criterios se sugiere utilizar el mismo esquema de redacción, aunque la “finalidad” no se contempla (tomado de [26]). El criterio que se expresa con el descriptor definido anteriormente es el siguiente: [Comprende] + [los conceptos de manera adecuada] + [relacionando los mismos con la situación problemática].

V. CONCLUSIONES

En la presente propuesta se expone un modelo ontológico que atiende al conjunto de problemáticas que implican el diseño de OA en entornos de FPC para carreras de ingeniería. El modelo tiene como objetivo la representación computacional de los componentes estructurales de un OA que permita cumplir con los estándares de empaquetamiento, estándares de metadatos, que permita la definición de objetivos y RA, y el enlace del mismo con las correspondientes competencias profesionales del Libro Rojo de CONFEDI a las cuales tributa. La ontología sirvió de base para el diseño de un patrón arquitectónico que pueda ser utilizado para el diseño y desarrollo de OA para los entornos mencionados, como consecuencia de haber seguido una metodología que involucró una exhaustiva definición de requerimientos, modelado a través de identificación de términos y relaciones, y su posterior prueba a partir de la instanciación de las clases identificadas. Como trabajo futuro se propone desarrollar un software para el diseño de OA que responda al patrón arquitectónico obtenido. El mismo funcionará como una herramienta intuitiva para docentes con distintos niveles de conocimiento técnico, que permita la generación de material educativo con las características mencionadas.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras desean agradecer al Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de Software (GIDIS), correspondiente a la facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral, y también al Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería en Sistemas de Información (CIDISI) de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe.

REFERENCIAS

- [1] R. Giordano Lerena and S. Cirimelo, “Competencias en ingeniería y eficacia institucional,” *Ingeniería Solidaria*, vol. 9, pp. 119–127, Apr. 2014.
- [2] CONFEDI, *Documentos de CONFEDI: Competencias en Ingeniería*. Universidad FASTA Ediciones, 1 ed., 2014.
- [3] CONFEDI, *Competencias Y Perfil Del Ingeniero Iberoamericano, Formación De Profesores Y Desarrollo Tecnológico E Innovación (Documentos Plan Estratégico ASIBEI)*. Bogotá: ASIBEI, 1 ed., Apr. 2016.
- [4] C. F. de Decanos de Ingeniería, *Propuesta De Estándares De Segunda Generación Para La Acreditación De Carreras De Ingeniería En La República Argentina - Libro Rojo de CONFEDI*. Universidad FASTA Ediciones, Oct. 2018.
- [5] V. Bertossi and M. D. I. M. Gutierrez, “Objetos de Aprendizaje: Estado del Arte,” in *2020 IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON)*, (Resistencia, Argentina), pp. 1–8, IEEE, Dec. 2020.
- [6] E. Parra Castrillón and A. Narváez, “Construcción de objetos virtuales de aprendizaje para ingeniería desde un enfoque basado en problemas,” *Revista Virtual Universidad Católica del Norte [en línea]*, no. 31, pp. 84–104, 2010.

- [7] A. Maedche, *Ontology Learning for the Semantic Web*, vol. 665 of *The Kluwer International Series in Engineering and Computer Science*. Boston, MA: Springer US, 2002.
- [8] C. A. C. Castro, E. P. Castrillón, W. P. Charry, and A. L. Dominguez, “Una propuesta de Marco para la Construcción de Contenidos Digitales de Aprendizaje con prácticas ágiles MARCODA,” in *2015 XX Congreso Internacional de Informática Educativa*, vol. 1, (Santiago, Chile), Unpublished, 2015.
- [9] O. Martínez-Palmera, H. Combata-Niño, and E. De-La-Hoz-Franco, “Mediación de los Objetos Virtuales de Aprendizaje en el Desarrollo de Competencias Matemáticas en Estudiantes de Ingeniería,” *Formación universitaria*, vol. 11, pp. 63–74, Dec. 2018.
- [10] M. E. Serna, C. C. A. Castro, and T. R. Botero, “Sedlo: software engineering for developing learning objects,” in *2012 6th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS)*, pp. 1–7, IEEE, 2012.
- [11] A. Barajas, J. Muñoz, *et al.*, “Developing large scale learning objects for software engineering process model,” in *2009 Mexican International Conference on Computer Science*, pp. 203–208, IEEE, 2009.
- [12] E. Archundia Sierra and C. Cerón Garnica, “Objetos de aprendizaje digital para personas con discapacidad visual en estructuras de datos: grafos (oagraf),” *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 8, no. 16, pp. 289–310, 2018.
- [13] A. B. Mourão and J. F. M. Netto, “Inclusive model for the development and evaluation of accessible learning objects for graduation in computing: a case study,” in *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pp. 1–8, IEEE, 2018.
- [14] E. Vlachos, “The spiral-in method for designing and connecting learning objects,” in *2012 Fourth International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems*, pp. 677–681, IEEE, 2012.
- [15] M. Zambrano, C. Villacís, D. Alvarado, D. Pérez, V. Carvajal, J. Guisjarro, N. Prajapati, and S. S. Oyelere, “Active learning of programming as a complex technology applying problem solving, programming case study and onlinedb compiler,” in *2021 10th International Conference on Educational and Information Technology (ICEIT)*, pp. 120–129, IEEE, 2021.
- [16] R. A. Morales Velasco and E. Diez-Martinez Day, “Revisión de metodologías para diseñar Objetos de Aprendizaje OA: un apoyo para docentes,” *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, p. e4, Oct. 2020.
- [17] L. Romero, V. Santucci, C. Gentile, D. Sklar, and M. Ale, “Objetos de aprendizaje basados en competencias: Una metodología para su desarrollo en carreras de ingeniería,” in *2020 IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON)*, pp. 1–8, IEEE, 2020.
- [18] E. M. Morgado, F. G. Peñalvo, R. C. Ortuño, and C. A. Hidalgo, “Desarrollo de competencias a través de objetos de aprendizaje,” *Revista de Educación a Distancia (RED)*, no. 36, 2013.
- [19] M. M. Zambrano and Y. A. R. Morales, “Diseño de objeto de aprendizaje basado en una webquest para la programación de áreas que definen el espacio arquitectónico,” *Edutec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, no. 74, pp. 127–148, 2020.
- [20] J. AlfredoSanchez, C. Perez-Lezama, and O. Starostenko, “A formal specification for the collaborative development of learning objects,” *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 182, pp. 726–731, 2015.
- [21] O. Starostenko, C. Perez-Lezama, V. Alarcon-Aquino, and J. A. Sanchez, “Formalization of learning objects for image-based language learning in mobile environments,” *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 116, pp. 3905–3910, 2014.
- [22] E. Mangina, “3d learning objects for augmented/virtual reality educational ecosystems,” in *2017 23rd International Conference on virtual system & Multimedia (VSMM)*, pp. 1–6, IEEE, 2017.
- [23] M. C. Suárez-Figueroa, *NeOn methodology for building ontology networks: specification, scheduling and reuse*. Springer US, 2011.
- [24] V. Bertossi, K. V. Martinez, M. d. I. M. Gutiérrez, and L. Romero, “Análisis de la calidad de objetos de aprendizaje en contextos universitarios,” *Latin-American Journal of Computing*, vol. 7, no. 1, pp. 101–111, 2020.
- [25] S. M. Brookhart, *How to create and use rubrics for formative assessment and grading*. Ascd, 2013.
- [26] V. A. Kowalski, I. M. Erck, and H. D. Enriquez, *Curso de Posgrado: Formación por Competencias, Aprendizaje Centrado en el Estudiante y Estándares de Acreditación de Segunda Generación para Ingeniería*. Laboratorio MECEK, 3 ed., 2020.