



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL SANTA FE

DOCTORADO EN INGENIERÍA

Tesis Doctoral

***Marco de trabajo basado en una red de ontologías para  
dar soporte a la generación de evaluaciones en  
entornos de e-learning***

Mg. Lucila Romero

Directora: Dra. María Laura Caliusco

Co-directora: Dra. María de los Milagros Gutiérrez

Santa Fe

25 de marzo de 2015



Se presenta esta tesis en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Tecnológica Nacional para la obtención del grado académico de Doctor en Ingeniería, mención Ingeniería en sistemas de Información

***Marco de trabajo basado en una red de ontologías para dar soporte a la generación de evaluaciones en entornos de e-learning***

por

Mg. Lucila Romero

Directora: Dra. María Laura Caliusco

Co-directora: Dra. María de los Milagros Gutiérrez

Jurado de Tesis:

Dra. Regina Motz

Dra. Ma. de los Ángeles Martín

Dra. Mariel Alejandra Ale

Santa Fe

25 de marzo de 2015



A Camila, Luciana y Matías, que son mi vida.

A Pato, que es mi compañero en la vida.

A mis padres, que siempre confiaron en mí.

A Dios.



# Índice

Prólogo.....	V
Resumen.....	IX
Reconocimientos.....	XI
I. El rol de la evaluación en el proceso de enseñanza aprendizaje mediado por TIC's.....	1
1.1 Evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje.....	1
1.1.1 Clasificación de la evaluación.....	3
1.1.1.1 Según el momento.....	3
1.1.1.2 Según los agentes intervinientes.....	5
1.1.1.3 Según el nivel de formalidad.....	6
1.1.2 Estimación de los conocimientos adquiridos.....	7
1.2 Técnicas e instrumentos de una evaluación.....	8
1.3 Evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje mediado por TICs.....	21
1.3.1 Herramientas para e-assessment.....	25
1.4 Fundamentos de la tesis.....	26
1.5 Descripción del problema de investigación.....	34
1.6 Objetivos.....	35
1.7 Organización de la tesis.....	36
1.8 Objetivos.....	37
II. Tecnologías semánticas.....	39
2.1 Tecnologías semánticas .....	39
2.1.1 Interoperabilidad semántica .....	40
2.1.2 Metadatos .....	44
2.2 Tecnologías semánticas aplicadas a la educación .....	47
2.2.1 Objetos de aprendizaje .....	48
2.2.2 Repositorios institucionales de acceso abierto.....	50
2.2.3 Metadatos en el dominio de la educación.....	51
2.3 Ontologías.....	53
2.3.1 Categorización de las ontologías.....	55

	2.3.2	Clasificación de ontologías.....	57
	2.3.3	Redes de ontologías.....	58
	2.3.4	Buenas prácticas para el desarrollo de una ontología.....	59
	2.3.5	Metodologías para el desarrollo de ontologías.....	60
	2.3.6	Lenguajes de representación de ontologías.....	69
	2.3.7	Herramientas para la representación de ontologías.....	77
	2.4	Conclusiones.....	78
III.		Especificación de requerimientos.....	81
	3.1	Especificación de requerimientos de AOnet.....	81
	3.2	Dominio de AOnet.....	93
	3.2.1	Metarelaciones en la red de ontología.....	95
	3.3	Conclusiones.....	99
IV.		Dominio evaluación.....	101
	4.1	Ontología Assessment.....	101
	4.2	Ontología Instrument.....	117
	4.3	Integración de las ontologías Assessment e Instrument.....	133
	4.4	Conclusiones.....	138
V.		Dominio recursos educativos (Educational resources).....	139
	5.1	Ontología Assessment Metadata.....	139
	5.1.1	Reutilización de la ontología LOnto.....	142
	5.2	Reingeniería y enriquecimiento de recursos ontológicos.....	147
	5.2.1	Implementación de la ontología Assessment Metadata.....	153
	5.2.2	Mapeo de la ontología Assessment Metadata y la ontología Dublin Core.....	157
	5.3	Incorporación de la ontología Assessment Metadata.....	159
	5.4	Integrando todo en AOnet.....	161
	5.5	Conclusiones.....	162
VI.		Evaluación de AOnet.....	165
	6.1	Red de ontologías AOnet.....	165
	6.2	Evaluación de la red de ontologías AOnet.....	171
	6.3	Conclusiones.....	184



---

VII.	Conclusiones y trabajos futuros.....	185
	7.1 Principales contribuciones.....	185
	7.1.1 Diseño en red.....	185
	7.1.2 Descripción adecuada y completa de la evaluación.....	187
	7.1.3 Modelado de los elementos principales de la evaluación.....	188
	7.1.4 Modelado de los instrumentos o técnicas utilizadas en la evaluación.....	189
	7.1.5 Evaluación.....	190
	7.2 Trabajos futuros.....	190
	ANEXO A.....	193
	ANEXO B.....	205
	ANEXO C.....	215
	ANEXO D.....	221



## Prólogo

La incorporación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) a la educación representa un desafío en la búsqueda de una renovación y adecuación del proceso de enseñanza para la un mejor aprovechamiento de las tecnologías. La educación mediada por TIC, e-learning, impone el desafío de desarrollar un entorno de enseñanza que permita la fácil adaptación a las tecnologías por parte de los profesores que posibilite mejorar el modelo de enseñanza.

En este contexto, la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje con la utilización de las nuevas tecnologías, e-assessment, puede enriquecerse permitiendo una retroalimentación de calidad. En este sentido, se hacen imprescindibles estrategias tendientes a mejorar los procesos de conceptualización, diseño, planificación y ejecución de las actividades de evaluación donde se controla el proceso de enseñanza en contextos de trabajo distribuidos como la educación a distancia.

En este sentido, con el fin que la evaluación mediada por las TIC sea aceptada por los educadores, se necesitan herramientas que den soporte al diseño y creación de evaluaciones válidas y confiables, desde una perspectiva pedagógica y técnica. Si bien de manera exponencial se están evidenciando esfuerzos tendientes a desarrollar herramientas para la generación, organización y personalización de contenido de enseñanza mediados por TIC incluyendo la evaluación, todavía hay un largo camino por recorrer, especialmente teniendo en cuenta el contexto de funcionamiento heterogéneo y diverso que requiere de tecnologías específicas para su desarrollo adecuado.

En este sentido se cuenta con las tecnologías semánticas cuya propuesta permite que la información procesable por herramientas software pueda coexistir y complementar a la información tratable únicamente por un humano, facilitando la cooperación entre los procesos de software y las personas. Las tecnologías semánticas proponen ontologías que posibilitan representar la información y los conocimientos de forma complemente diferente, concentrada en lograr que fácilmente se pueda localizar, compartir, integrar y recuperar los recursos que describen.

En este contexto, el propósito principal del trabajo de tesis es la definición de un marco de trabajo compuesto por una red de ontologías que facilite la generación semi-automática de evaluaciones basado en dominios de conocimiento arbitrarios y que contemple los diferentes aspectos que intervienen en la misma, como ser los instrumentos a utilizar, los agentes que están involucrados, el dominio del conocimiento que se evalúa, los recursos educativos usados para

impartir el curso, los aspectos pedagógicos y los momentos de la evaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El principal beneficio de su uso es que conceptualiza un dominio dado de una manera modular. Una ontología en red es lo suficientemente pequeña como para ser comprensible por cualquier persona y su mantenimiento es fácil. La modularización que esta red ofrece permite concentrar la atención en un dominio particular y gradualmente construir un modelo más general en relación diferencial.

Con la propuesta de tesis se busca beneficiar a profesores y alumnos en la definición de evaluaciones válidas y confiables mejorando la propuesta del proceso educativo. Es de interés colaborar con los docentes al momento de definir y diseñar una evaluación considerando cuestiones que, en general no son tenidas en cuenta y que contribuyen con la generación de evaluaciones bien conformadas con base pedagógica y facilitar este proceso desde un punto de vista operativo. Al beneficiar al docente y colaborar con el proceso de la evaluación se beneficia a los alumnos ya que se contribuye con la conformación de evaluaciones consistentes. De esta manera, se mejora el proceso de evaluación y de educación en general ya que la evaluación se encuentra presente en todo el proceso de enseñanza aprendizaje.

Los principales aportes de esta tesis fueron publicados en congresos internacionales, nacionales y en revistas de publicación periódicas. Durante su desarrollo, se participó de proyectos de investigación que fortalecieron las investigaciones y principalmente, las relaciones con investigadores de diferentes universidades. A continuación se mencionan las publicaciones resultantes.

#### *Artículos en revistas*

1. Romero, L., North, M., Gutiérrez, M., Caliusco, L. (2014). Pedagogically-driven ontology network for conceptualizing the e-learning assessment domain. *Journal of educational technology and society*, ISSN 1436-4522, IF: 1.34 . Submitted: 11-12-2013 Revised: 22-09-2014 Accepted: 24-10-2014. [http://www.ifets.info/ets\\_journal/preprint.php](http://www.ifets.info/ets_journal/preprint.php)
2. Romero, L., Ballejos, L., Gutiérrez, M., Caliusco, L. Stakeholder's analysis in e-learning software process development. *European alliance for innovation* (en evaluación).
3. Romero, L., Gutiérrez, M., Caliusco, L. Ontology-based description of assessment as Learning Object. *Journal Technology, Knowledge and Learning* (en segunda revisión).

#### *Artículos en congresos*

4. Giorgetti, C., Romero, L., Vera, M. (2014). Estudio de los modelos de evaluación de la calidad existentes para la conceptualización de un modelo adecuado para Instituciones de Educación Superior que implementan Educación a Distancia en Argentina. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Organizado por la Organización de Estados Iberoamericanos. 12, 13 y 14 de noviembre de 2014, Buenos Aires, Argentina.
5. Romero, L.; Gutiérrez, M.; Caliusco, M. (2014). Análisis de interesados en el desarrollo de proyectos de software para e-learning en contextos universitarios. Anales CISTI 2014 Barcelona, España, 18 al 21 junio, pg. 1-6 IEEE DOI: 10.1109/CISTI.2014.6876874 <http://www.aisti.eu/cisti2014/index.php/es/proceedings>.
6. Romero, L.; Gutiérrez, M.; Caliusco, M. (2014). Towards semantically enriched e-learning assessment. ICALT 2014 (Core A), Atenas, Grecia del 7 al 9 de julio, Pg. 336 – 338 ISSN 978-1-4799-4038-7.
7. Romero, L., Vera, M. (2014). Análisis de stakeholders en el desarrollo de proyectos para e-learning en contextos universitarios. CONAISI 2014. 2do Congreso Nacional de Ingeniería en Informática / Sistemas de Información. 13 y 14 de noviembre de 2014, San Luis, Argentina.
8. Scoreanzi, A.; Romero, L. (2014). Análisis bibliográfico de la aplicación de las ontologías en el ámbito del e-learning proponiendo un Framework para la definición semántica en el área evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje. Congreso sobre Tecnología en Educación & Educación en Tecnología, Chilecito, La Rioja, 12 y 13 de junio 2014, p. 2-11 (RedUNCI). ISBN: 978-987-24611-1-9. AA; <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/38061>.
9. Giorgetti C, Romero L., Vera, M. (2013). Design of a specific quality assessment model for distance education. RUSC. Universities and Knowledge society journal. Network University e-learning. Vol.10(1). ISSN 1698-580X.
10. Romero, L., Gutiérrez, M., Caliusco, L. (2013). A Conceptualization of e-Assessment domain. Anales CISTI 2013. Lisboa, Portugal 19 al 22 junio, Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información. Pp 710 – 715 Vol I(2) ISBN 978-989-96247-9-5.
11. Romero, L. Gutiérrez, M., Caliusco M. L. (2012). Conceptualizing the e-Learning Assessment Domain using an Ontology Network. International journal of Intelligent Systems and Interactive multimedia. Vol 1(6). Pag. 20-28.

12. Romero, L., Gutiérrez, M., Caliusco, L. (2012). Towards an Ontology Network for Conceptualizing e-Assessment Domain. En anales CISTI 2012. Madrid, España del 20 al 23 junio, Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información. ISBN: 978-989-96247-6-4, Pp. 722 – 728.
13. Romero, L., Gutiérrez, M., Caliusco, L. (2012). EAOnto: A Heavyweight Ontology for Supporting e-Assessment Generation. Anales CACIC 2012. Bahía Blanca, Argentina del 8 al 12 de Octubre. Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. ID 4882, ISBN: 978-987-1648-34-4, AA: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/23692>
14. Godoy, J., Romero, L. (2010). An Ontology for Semantic Definition of Learning Objects. CISTI 2010. Sistemas y Tecnologías de Información. Actas de la 5ª Conferencia Ibérica de Sistemas y tecnologías de Información Santiago de Compostela, España. 16 al 19 de Junio de 2010. AISTI | GIS-T | USC. Editores Álvaro Rocha Carlos Ferrás Sexto Luís Paulo Reis Manuel Pérez Cota. EDIÇÕES Vol. I. Pp. 420-426. ISBN: 978-989-96247-3-3. Indexado en ISI, SCOPUS.
15. Romero, L., Leone, H. (2007) Una Ontología para el Dominio de Evaluación del Aprendizaje. Martín Llamas Nistal, Carlos Vaz de Carvalho, y Carlos Rueda Artunduaga, editores. TICA12007: TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería. ISBN 978-84-8158-380-9 Pags.:17-24 ©IEEE, Sociedad de Educación: Capítulos Español, Portugués y Colombiano.

## Resumen

La incorporación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) a todos los ámbitos de la sociedad, y a la educación en particular, representa un desafío en la búsqueda de una renovación sustantiva de los métodos, la organización y los procesos de enseñanza. Este cambio presenta el desafío de innovar no sólo en la tecnología, sino también en sus concepciones y prácticas pedagógicas, modificando el modelo de enseñanza en su globalidad. La educación mediada por TIC, denominada como e-learning, impone el reto de desarrollar un entorno de enseñanza que permita el diseño de material flexible y personalizado que se ajuste a ambientes de trabajo heterogéneos y dinámicos.

En este contexto pedagógico-tecnológico, la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje (e-assessment) se convierte en un factor clave. Basado en la evaluación, el aprendizaje con la utilización de las nuevas tecnologías puede enriquecerse con una retroalimentación de calidad a través de una enseñanza personalizada, convirtiendo a este proceso en una experiencia altamente interactiva basado en tecnologías web.

Con el fin que la evaluación mediada por las TIC sea aceptada por los educadores, se necesitan herramientas que den soporte al diseño y creación de evaluaciones válidas y confiables, desde una perspectiva pedagógica y técnica. Es decir, es necesario establecer una alineación de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación, definiendo un mecanismo para validar si la evaluación cubre todos los objetivos de aprendizaje de un curso y que a su vez satisface los principios pedagógicos de confiabilidad y validez. Por un lado, una prueba puede ser considerada válida si los ítems que integran la misma constituyen una muestra representativa del dominio de contenido del curso que se desea medir. Por otro lado, la confiabilidad permite estimar la homogeneidad de la prueba o el grado de intercorrelación de los ítems que conforman la misma.

El uso de diferentes métodos de evaluación en un sistema de e-learning hace que los estudiantes establezcan una conexión con sus profesores, y esto a su vez ayuda a asegurar que sus esfuerzos de aprendizaje se evalúan correctamente

En el ámbito del e-assessment, hay tres grandes problemas que superar. En primer lugar, el e-assessment debe ser aceptado por los educadores. Para ello, se necesita una herramienta para apoyar la elaboración y la creación de evaluaciones válidas y confiables, desde una perspectiva pedagógica. Esto significa que se tiene que definir un mecanismo para validar si la evaluación cubre todos los objetivos de aprendizaje de un curso y satisface ciertos principios pedagógicos. En segundo

lugar, los sistemas de e-assessment deben soportar diferentes tipos de evaluación, con diferentes niveles de complejidad y tienen que adecuarse a las diferentes etapas del proceso de enseñanza-aprendizaje. De esta manera, los sistemas de e-learning deben permitir que los educadores puedan generar y administrar evaluaciones diagnósticas, sumativas y formativas, a la vez que deben poder soportar autoevaluaciones, co-evaluaciones y hetero-evaluaciones. En tercer lugar, debe ser sólida frente al trabajo colaborativo para resolver las diferencias surgidas por la administración de información con origen multicultural y el advenimiento de entornos complejos con semántica incompatible.

El propósito principal del trabajo de tesis es la definición de un marco de trabajo compuesto por una red de ontologías que describa semánticamente el dominio de las evaluaciones para dar soporte a la generación semi-automática de evaluaciones basado en dominios de conocimiento arbitrarios y que contemple los diferentes aspectos que intervienen como ser los instrumentos a utilizar, los agentes que están involucrados, el dominio del conocimiento que se evalúa, los recursos educativos usados para impartir el curso, los aspectos pedagógicos y los momentos de la evaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, dicho marco de trabajo estará compuesto por un conjunto de reglas implementadas en un lenguaje de reglas con el propósito de verificar si la evaluación generada cumple con los principios pedagógicos. Una red de ontologías es un conjunto de ontologías en las cuales se explicitan las meta-relaciones. El principal beneficio de su uso es que conceptualiza un dominio dado de una manera modular. Una ontología en red es lo suficientemente pequeña como para ser comprensible por cualquier persona y su mantenimiento es fácil. Además, varios diseñadores podrían trabajar en las diferentes ontologías que componen la red al mismo tiempo. La modularización que estared ofrece permite concentrar la atención en un dominio particular y gradualmente construir un modelo más general en relación diferencial.



## Reconocimientos

A Milagros y Laura, por compartir conmigo su tiempo, experiencia y conocimiento.

A mis amigos y compañeros de trabajo por apoyarme siempre que lo necesité.

Al CIDISI por brindarme los recursos necesarios para llevar adelante el trabajo.



# CAPÍTULO 1: EL ROL DE LA EVALUACIÓN EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE MEDIADO POR TIC'S

En este capítulo se presenta el contexto de la evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje mediado por TICs. Así, en la Sección 1.1 se describe la evaluación en el proceso de enseñanza aprendizaje. En la Sección 1.2 se detallan las técnicas e instrumentos disponibles para evaluación. En la sección 1.3 se describe la evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje mediado por TICs. En la sección 1.4 se detalla el fundamento de la tesis. En la sección 1.5 se describe el problema de investigación. En la sección 1.6 se mencionan los objetivos del trabajo. En la sección 1.7 se detalla la organización de la tesis y, finalmente, se presentan las conclusiones del capítulo.

## **1.1 EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE**

Desde el inicio de la enseñanza los docentes han buscado distintas maneras de evaluar los conocimientos adquiridos por los alumnos, las cuales han ido cambiando y evolucionando, como lo han hecho también las modalidades de enseñanza. Las formas de evaluar van desde la modalidad oral, que tiende a utilizarse menos, hasta la elaboración de pruebas escritas y actividades prácticas que se plantean de acuerdo a los conocimientos y habilidades a evaluar. Esta tarea forma parte de la actividad de enseñanza pero en muchos casos, por su forma de implementación, no le permite al docente una adecuada estimación de los conocimientos adquiridos por los alumnos, y a éstos no les permite una correcta retroalimentación. En consecuencia, el docente no cuenta con los medios adecuados para tomar las decisiones oportunas. Bolívar (2011) define a las evaluaciones como “procedimientos sistemáticos que utilizan los docentes con el fin de determinar el nivel de conocimientos de los estudiantes en una disciplina determinada, antes, durante y al final de un período académico”.

No es tarea sencilla elaborar una evaluación, es complejo establecer qué, cómo, cuándo y para qué evaluar. La tendencia actual es abordar este tema desde una perspectiva cualitativa, buscando una negociación entre docentes y alumnos que forman parte del proceso. Siguiendo esta línea, se focaliza en la construcción por parte del individuo o su grupo, y el resultado obtenido no es tomado como un hecho definitivo, sino como el origen, la creación que resulta de la interacción en conjunto de quienes participan en este proceso evaluativo. También cobra importancia el

seguimiento de toda la actividad educativa, no sólo esta instancia, sino el conjunto, lo que además brinda la posibilidad de adoptar medidas correctivas que sean necesarias (Bolívar, 2011).

En los últimos años se aprecia el protagonismo de la evaluación no solo en ámbitos académicos, sino también políticos e institucionales. Por lo tanto, es evidente que la evaluación tiene que ser aplicada al conjunto del sistema educativo y debe extenderse a la actividad educativa en todos los niveles, alcanzando todos los sectores que en ella participan.

Al momento de diseñar una evaluación, es importante tener en cuenta la taxonomía de Bloom (Bloom, 1956) (Churches, 2009) para clasificar el curso o los programas de los objetivos en función de seis niveles de complejidad:

- **Conocimiento:** en este nivel el profesor quiere evaluar el concepto aprendido de memoria por los estudiantes. Por eso, en este nivel la intención es recordar o reconocer información: ideas, hechos, fechas, nombres, símbolos, definiciones, de una forma aproximada a cómo las ha aprendido.
- **Comprensión:** el profesor quiere evaluar si el alumno entiende la relación semántica de la información enseñada. y de esta manera poder extender el conocimiento. En este nivel se determina si el alumno entiende aquello que ha aprendido, y esto lo demuestra cuando es capaz de presentar la información de otra manera, cuando encuentra relaciones con otra información, cuando se asocia a otro hecho, cuando puede establecer las posibles causas y consecuencias.
- **Aplicación:** el profesor quiere evaluar si el alumno puede utilizar la información enseñada para resolver problemas prácticos y, de esta manera, aplicar el conocimiento a situaciones nuevas para resolver problemas.
- **Análisis:** el profesor quiere evaluar la estructura del conocimiento adquirido, si el alumno identifica sus componentes y puede descomponer el todo en sus partes.
- **Síntesis:** el profesor quiere evaluar si el estudiante puede desarrollar enfoques originales sobre la base de los conceptos aprendidos. Cuando es capaz de crear, integrar, combinar ideas, planear y proponer nuevas maneras de hacer.
- **Evaluación:** el profesor quiere evaluar si el estudiante puede hacer un juicio de valor sobre temas enseñados, si puede emitir juicios respecto al valor de lo aprendido según opiniones personales.

Los niveles de la taxonomía de Bloom se pueden apreciar en la figura 1.1. Los niveles se muestran en forma piramidal desde el nivel conocimiento hasta el nivel evaluación



Figura 1.1. Taxonomía de Bloom

### 1.1.1. Clasificación de la evaluación

Existen diversos criterios para clasificar las evaluaciones, pero en general coinciden básicamente en la siguiente distinción:

#### 1.1.1.1. Según el momento

La evaluación puede llevarse a cabo en diferentes momentos del proceso de enseñanza aprendizaje y de acuerdo a ese momento en el que se realiza, tiene diferentes efectos (Ramírez Vega y colab., 2012) (Monteiro y colab., 2012) (Arredondo, 2002).

#### *Diagnóstica*

Si la evaluación es temprana en el proceso de enseñanza, se dice que es una evaluación diagnóstica. Su objetivo es determinar el nivel de conocimiento de un estudiante antes de iniciar el proceso de aprendizaje para permitir la regulación y adaptación de acuerdo a los resultados (Bolívar, 2011). Según Torres Arias (2010) la evaluación diagnóstica permite saber cuál es el estado cognoscitivo y actitudinal de los alumnos. Es una radiografía que facilita el aprendizaje significativo y permite relevar la situación previa, las actitudes y expectativas de los alumnos.

El momento es previo al inicio de la enseñanza ya que el docente debe conocer el nivel de conocimientos previos que tienen sus alumnos a los efectos de que los nuevos conocimientos se

adapten de manera armoniosa a los existentes y lograr un aprendizaje significativo acorde a los objetivos fijados. Se habla de evaluación diagnóstica cuando se tiene que ilustrar acerca de condiciones y posibilidades iniciales de aprendizaje o de ejecución de una o varias tareas. El propósito de este tipo de evaluaciones es tomar decisiones pertinentes para hacer el hecho educativo más eficaz, evitando procedimientos inadecuados ya que identifica el nivel de adquisición de conocimientos, habilidades o destrezas, a partir de eso se establecen medidas o programaciones preventivas.

Las características de la evaluación diagnóstica son (Torres Arias y colab., 2010):

- No se le asigna una nota a los resultados obtenidos
- Puede ser individual o grupal dependiendo si se desea tener una visión global o particular de la situación
- La información obtenida puede darse a conocer a los alumnos. No debe ser una información exclusiva del docente.
- Tiene carácter técnico y científico (contiene objetivo, es ordenado y procedimental) e implica la puesta en marcha de técnicas de recolección y análisis de la información.
- Tiene carácter preventivo, permite establecer las posibles dificultades de los alumnos cuando se inicia un curso, un periodo o tema de estudio.

### *Formativa*

Se habla de evaluación formativa, cuando se desea averiguar si los objetivos de aprendizaje están siendo alcanzados, y lo que es preciso hacer para mejorar el desempeño de los alumnos. El momento de una evaluación formativa es durante el proceso de enseñanza. El propósito de este tipo de evaluación es tomar decisiones respecto a las alternativas de acción y dirección que se van presentando conforme se avanza en el proceso de enseñanza aprendizaje. Se desempeña a lo largo de todo el curso y su cometido es apoyar al alumno en su proceso de aprendizaje, al señalarle deficiencias y errores. Se la completa con las observaciones y aclaraciones que se hacen a los alumnos durante la clase (Castillo, 2006). La información producida por la evaluación formativa es valiosa tanto para el profesor como para el alumno, quien debe conocer no sólo la calificación de sus resultados, sino también el por qué de ésta, sus aciertos (motivación y afirmación) y sus errores (corrección y repaso).

La función que cumple la evaluación formativa es:

- Dosificar y regular adecuadamente el ritmo del aprendizaje.
- Retroalimentar el aprendizaje con información desprendida de las evaluaciones.
- Enfatizar la importancia de los contenidos más valiosos.
- Dirigir el aprendizaje sobre las vías de procedimientos que demuestran mayor eficacia.
- Informar a cada estudiante acerca de su particular nivel de logro.
- Determinar la naturaleza y modalidades de los subsiguientes pasos.

La evaluación formativa se realiza durante el hecho educativo, en cualquiera de los puntos críticos del proceso, al terminar una unidad didáctica, al emplear distintos procedimientos de enseñanza o al concluir el tratamiento de un contenido.

#### *Sumativa*

Se habla de evaluación sumativa para designar la forma de evaluación mediante la cual se mide y juzga el aprendizaje con el fin de certificarlo, asignar calificaciones o determinar promociones (Castillo 2006). El momento de este tipo de evaluaciones es finalizado el proceso de aprendizaje, es de vital importancia para los educadores conocer si los objetivos de enseñanza planteados al inicio del proceso han sido cumplidos y en qué medida.

El propósito de este tipo de evaluación es tomar las decisiones pertinentes para asignar una calificación totalizadora a cada alumno, que refleje la proporción de objetivos logrados en el curso, o unidad didáctica correspondiente. Con los resultados obtenidos se establece una conversión de puntuaciones en calificaciones que describen el nivel de logro, en relación con el total de objetivos pretendidos en el proceso educativo.

#### **1.1.1.2. Según los agentes intervinientes**

Hay agentes que intervienen en la evaluación. Estos agentes pueden asumir diferentes roles tales como: evaluar o ser evaluado. Tenutto (Tenutto, 2000) realiza la siguiente diferenciación de acuerdo a los agentes que intervienen en la evaluación:

#### *Autoevaluación*

Consiste en establecer objetivos concretos a los cuales se debe arribar, y al finalizar un período previamente determinado cada aprendiz pueda determinar la medida en que los objetivos propuestos han sido cumplidos y qué medidas adoptar en el caso de que esto no se hubiese

producido. La autoevaluación es la evaluación en la que un alumno evalúa su propio progreso en el proceso de aprendizaje. Luego, el alumno asume dos papeles: ser evaluador y evaluado.

#### *Heteroevaluación*

Es un tipo de evaluación en la que los agentes involucrados son el evaluador y el evaluado. La heteroevaluación es la evaluación clásica que se presenta tradicionalmente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, donde el educador desempeña el papel de evaluador y el alumno asume el rol de ser evaluado.

#### *Co-evaluación*

Es la evaluación por pares. Se puede hacer entre los alumnos o entre los educadores quienes juegan los dos papeles de evaluador y de evaluado.

#### *Metaevaluación*

Esta modalidad se da cuando alguien que no ha intervenido en la evaluación, que no ha participado de ninguna manera en la misma la evalúa. Por ejemplo podría ser un especialista en la temática a evaluar o los directivos de una institución quienes supervisan las evaluaciones de sus docentes a cargo.

### **1.1.1.3 Según el nivel de formalidad**

De acuerdo a la formalidad y estructuración Berliner (1987) clasifica las evaluaciones en: Formales, semiformales e informales.

#### *Informales*

Se utilizan preguntas y observaciones. Las evaluaciones informales tienen un período breve y consiste en preguntas que hace el profesor durante la clase y la observación de actividades realizadas por los alumnos. Para volverlas más sistemáticas se deben planificar. Algunos instrumentos para sistematizar este tipo de evaluaciones son: registros anecdóticos, Listas de control, escalas de valor y diario de clase. Es posible derivar información sobre la dificultad de los temas como también de la ineficacia o inoperancia de los recursos didácticos utilizados.

#### *Semi-Formales*

Abarca: trabajos y ejercicios que los alumnos realizan en clase, tareas y trabajos que los alumnos realizan fuera de clases y evaluaciones de portafolio entre otras. Este tipo de evaluación



consiste en hacer una colección de producciones o trabajos (por ejemplo, ensayos, análisis de textos, composiciones escritas, problemas matemáticos resueltos, dibujos, ideas sobre proyectos, reflexiones personales, grabaciones, ejercicios digitalizados) e incluso de algunos instrumentos o técnicas evaluativas (tales como cuestionarios, mapas conceptuales, exámenes) que los alumnos realizan durante un cierto episodio o ciclo educativo. Incluso pueden elaborarse portafolios digitalizados (Niguidula, 2000).

### *Formales*

Pruebas o exámenes escritas u orales que se realizan de manera planificada. Las escritas pueden ser: Verdadero-falso, opciones simples, opciones múltiples, correspondencia, completamiento. También pueden ser exámenes prácticos, mapas conceptuales y evaluación de desempeño.

#### **1.1.2. Estimación de los conocimientos adquiridos**

Existen distintos tipos de pruebas para medir los conocimientos, una posibilidad es considerar la forma como el alumno responde, y pueden ser (Bolívar, 2011):

### *Escritas*

Son las que utilizan lápiz y papel y pueden ser preguntas que realiza el docente y que el alumno debe responder de alguna de las siguientes formas: identificando la respuesta correcta, elaborando una respuesta o una combinación de ambas.

### *Orales*

En este tipo de evaluaciones los alumnos deben responder con su propia voz las preguntas formuladas por los profesores. Actualmente la tendencia es no hacer uso de las mismas, salvo para casos puntuales donde resulta necesario evaluar las capacidades de comunicación o la forma de interacción que tiene el alumno.

### *Prácticas*

Las evaluaciones prácticas permiten determinar la capacidad o aptitud adquirida para desempeñarse en un área de conocimiento específica. Permite llevar a cabo mediciones relativas a habilidades de destrezas manuales en distintos y muy variados campos, desde la mecánica hasta las

artes. Considera todos los pasos que participan en el proceso desde el comienzo hasta la finalización del mismo así como también el producto terminado.

## 1.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE UNA EVALUACIÓN

Existe una estructura básica característica, sin la cual no es posible considerar una auténtica evaluación. En primer lugar la evaluación es un proceso dinámico, abierto y contextualizado que se desarrolla a lo largo de todo el tiempo, no es una acción puntual o aislada.

En segundo lugar, debe permitir la aplicación de procedimientos válidos y fiables para conseguir datos e información sistemática, rigurosa, relevante, y apropiada que fundamente la consistencia y seguridad de los resultados de la evaluación.

Izard (Izard, 2010) afirma que un solo ítem, pregunta o consigna no puede ser un indicador del logro de un aprendizaje, por eso, cuando un número de ítems similares son combinados en una evaluación se puede estimar la estructura del aprendizaje. Estas estructuras tienden a ser indicadores confiables porque son basados en múltiples fuentes de evidencia que corresponden a los contenidos de donde se han obtenido. A los fines de nuestro estudio, denominaremos a los ítems involucrados en una evaluación como actividades.

Un *reactivo* (López Frías, 2001) es una pregunta a contestar, afirmación a valorar, problema a resolver, característica a cubrir o acción a realizar. Los reactivos están siempre contenidos en un instrumento de evaluación específico; tienen la intención de provocar o identificar la manifestación de algún comportamiento, respuesta o cualidad. Los reactivos seleccionan la información que es relevante para la evaluación. El reactivo requiere que el examinado seleccione o identifique la respuesta correcta entre un grupo de ellas y, además, sea breve y no necesita de una justificación. Este tipo de pruebas permite medir conocimientos en diferentes niveles de pensamiento, memorizar, recordar, reconocer, comprender, relacionar, sintetizar, analizar y evaluar. En general son breves, explícitos y la calificación está claramente determinada, libre de incertidumbre o error.

Un *ejercicio* es una actividad de aprendizaje diseñado para dar a los estudiantes la oportunidad de practicar los nuevos conocimientos o habilidades de una manera estructurada y medible (Kablan, 2010). Un ejercicio puede tener uno o múltiples pasos (Kablan, 2010), (Werth, 2009). Se puede completar de forma individual o en colaboración con otros alumnos (Werth, 2009). Un ejercicio puede tener una solución abierta (muchas respuestas posibles) o una solución cerrada (una o más respuestas "correctas") (Kablan, 2010). Un ejercicio se evalúa ya sea llegar a la respuesta

"correcta" o mediante la demostración de una solución apropiada si la respuesta es abierta (Kablan, 2010).

Una *rúbrica* es una escala múltiple. Contiene los elementos a evaluar y en cada uno de ellos la descripción de los diferentes grados de realización, los cuales se encuentran ubicados en dos polos formados por la ejecución novata en un extremo y la experta en el otro. Además de éstas, que por sí mismas integran una escala descriptiva, también presenta baremos cuantitativos y/o cualitativos para valorar cada una. Es más precisa y exhaustiva que las escalas (Herman, Aschbacher y Winters, 1997).

Por tanto, debido a su importancia dentro del proceso educativo, los instrumentos de evaluación deben permitir el diseño de evaluaciones que cumplan con las siguientes características:

La evaluación debe ser continua, global, integradora e individualizada. A la vez que debe ser un instrumento de acción pedagógica para que pueda conseguir la mejora del proceso educativo. En este sentido, se presentan una serie de requisitos que las evaluaciones deben cumplir para que las evaluaciones tengan un sentido práctico:

### *Validez*

Según Bolívar (Bolívar, 2011) la validez del contenido es importante para asegurar que los ítems que integran la evaluación realmente constituyen una muestra representativa del dominio del contenido de manera de poder realizar una adecuada interpretación del desempeño de los alumnos respecto al dominio involucrado. El aspecto clave de la validez es el muestreo ya que una evaluación es una muestra de una cantidad de reactivos que podrían formularse en relación con un dominio de conocimiento.

En este sentido, lo que interesa es la precisión con la que la evaluación mide el contenido de la materia y los objetivos instruccionales perseguidos en su desarrollo. Para diseñar una evaluación con altas probabilidades de tener validez de contenido, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Identificar los contenidos y los objetivos a ser evaluados.
- Elaborar una tabla de especificaciones, en la cual se identifique el número de ítems que son necesarios incluir en la evaluación, por cada área temática y tipo de objetivo.
- Elaborar una evaluación ajustada a lo previsto en la tabla de especificaciones.
- Someter la prueba a juicios de expertos (otros especialistas) en la materia.
- Realizar las correcciones necesarias surgidas de la actividad anterior.

Según Castillo, (Castillo, 2006) la evaluación debe ser válida, es decir, medir lo que se pretende. El instrumento elegido debe reflejar lo que se conoce como “dominio” del tema, aludiendo no al grado de destreza alcanzado, sino a su representación adecuada para que unas cuantas actividades o preguntas manifiesten si se “sabe” o se “sabe hacer” todo lo que se busca.

### *Confiabilidad*

Para tomar las decisiones apropiadas en cuanto a la enseñanza es fundamental tener confianza en la información obtenida, es decir, tener seguridad en que lo observado por los instrumentos empleados refleja fielmente el nivel de logro del alumno (Castillo, 2006).

Todo instrumento de evaluación debe mostrar evidencia de estabilidad en sus resultados y del grado de homogeneidad de los reactivos o el grado de inter-correlación entre ellos.

### *Discriminalidad*

Según Bolívar (Bolívar, 2011) la evaluación debe permitir la distinción entre los estudiantes que poseen alto y bajo dominio de la temática. Esta característica depende en gran medida del nivel discriminativo de las actividades componentes de la evaluación y refleja la validez y confiabilidad del instrumento utilizado.

### *Factibilidad*

Según Bolívar (Bolívar, 2011) la factibilidad es la utilidad de los resultados para tomar decisiones importantes en relación con la retroalimentación diferencial de los alumnos y profesores, así como las fortalezas y debilidades relativas a la enseñanza y el aprendizaje. Una prueba factible debe ser adecuada en forma y contenido a la edad de los alumnos y debe ser económica en cuanto a costo y tiempo necesario para su administración, calificación e interpretación.

Versa sobre los factores económicos, de conveniencia, que determinan la posibilidad de realización y el grado en que los instrumentos de medición son interpretables (Namakforoosh, 2007).

### *Objetividad*

La objetividad (Castillo, 2006) a que el juicio del mérito de un alumno o la calificación obtenida debe estar exento de favoritismo, prejuicio, corrupción o cualquier elemento ajeno al atributo y ejecución que se evalúa. No son pocos los casos en los cuales los resultados obtenidos no se basaron únicamente en los méritos juzgados, tampoco es fácil alcanzar en una valoración la

objetividad completa; sin embargo, se deben tomar todas las medidas necesarias para disminuir la intervención de los juicios subjetivos.

La finalidad primordial de la evaluación está dirigida al mejoramiento del aprendizaje del alumno. Por este motivo, el profesor debe seleccionar técnicas e instrumentos que contribuyan a garantizar la construcción permanente del aprendizaje.

Una *técnica de evaluación* (Bolívar, 2011) hace referencia a cómo se va a evaluar. Es el procedimiento mediante el cual se lleva a cabo la evaluación. Algunas técnicas son la observación, cuestionario o la resolución de problemas. Son los procedimientos y actividades realizados por los alumnos y por el docente con el propósito de hacer efectiva la evaluación de los aprendizajes.

Un *instrumento de evaluación* (Bolívar, 2011) hace referencia a con qué se va a evaluar. Es el medio a través del cual se obtendrá la información. Es el soporte físico que se emplea para recoger la información sobre los aprendizajes esperados de los alumnos.

Algunos de los instrumentos disponibles se mencionan a continuación.

### *Pruebas objetivas*

Las pruebas objetivas se componen de un conjunto de preguntas claras y precisas que requieren por parte del alumno, una respuesta breve, en general limitadas a la elección de una opción ya proporcionada. El término objetivas hace referencia a las condiciones de aplicación de la prueba así como al tratamiento y posterior análisis de los resultados pero ello no implica una mayor objetividad en la evaluación del rendimiento del alumno (Soubirón y colab., 2006). En las pruebas objetivas el alumno no necesita construir o redactar la respuesta, sino leer la pregunta, pensar la respuesta, identificarla y marcarla o completarla. Los ítems deben ser cuidadosamente seleccionados para que constituyan una muestra representativa del contenido abarcado y de las competencias evaluadas (Bolívar, 2011). Su mayor ventaja es que elimina la subjetividad y que representan un muestreo amplio y sistemático del conocimiento del que sería posible por otros medios. Permiten una corrección y calificación rápida y todos los alumnos son evaluados con los mismos criterios. Algunas de las desventajas que se presentan son que miden el reconocimiento mecánico de ítems de conocimiento o de información referida a hechos, datos o fechas (primer nivel de la taxonomía de Bloom), que son relativamente triviales e inconexos. También, puede suceder que la respuesta correcta sea fácilmente identificada sin que ello implique un verdadero conocimiento por parte del alumno o se pueden presentar aciertos al azar.

Al redactar preguntas objetivas es fácil cometer errores, tanto en la misma formulación de la pregunta como en la redacción de las respuestas. Entre las pruebas objetivas se encuentran las que contienen ítems de verdadero o falso, de selección simple o múltiple, ítems de correspondencia.

#### Verdadero o Falso (VF)

Estos ítems se expresan en forma de sentencias o frases cortas que demandan una contestación dicotómica del tipo: verdadero-falso (VF), si-no, acuerdo-desacuerdo, bien-mal y otras respuestas similares. Esta selección tiene especial importancia en actividades que permiten reducir la respuesta a dos alternativas o posibilidades significativas, por ejemplo, probar hipótesis, juzgar conclusiones, evaluar extrapolaciones y relaciones. Hay evidencias que indican que las preguntas de VF talvez no sean tan confiables o beneficiosas como otros formatos (Frisbie y Becker, 1991; Haladyna, T., 1999). Aunque las investigaciones del formato de VF no lo apoyan sólidamente, este formato sigue siendo el más popular para medir el aprendizaje de los estudiantes porque es fácil de escribir y de calificar, y se pueden administrar muchas preguntas en un examen de, por ejemplo, una hora de duración. Son válidos en actividades que permiten reducir la respuesta a dos alternativas o posibilidades significativas.

La razón fundamental para utilizar pruebas con ítems del tipo verdadero-falso es que proporcionan una manera simple y directa de medir el resultado esencial de la educación formal. El argumento a favor de la validez de los ítems verdadero falso en cuanto a medidas del rendimiento educacional ha sido resumido por Ebel (1977) en cuatro proposiciones, a saber:

- Lo esencial del rendimiento educacional reside en el dominio de conocimientos verbales útiles
- Todo conocimiento verbal puede expresarse en proposiciones.
- Una proposición es cualquier enunciado del que se puede decir que es verdadero o falso.
- El grado de dominio que un estudiante posee sobre determinada área de conocimiento está indicado por su capacidad de juzgar la verdad o falsedad de las proposiciones relacionadas con él.

Tal vez una de las críticas más serias que se le hacen a este tipo de prueba es el riesgo que tienen de ser respondidas por azar. Sin embargo, en la práctica, tal limitación no parecería constituir un problema tan grave, si se toma en cuenta que la influencia de las contestaciones por azar tiende a disminuir en la medida que aumenta la extensión de la prueba. Así tenemos que la probabilidad

de responder correctamente por simple azar en una prueba de un ítem es del 50 por ciento; mientras que para dos ítems la probabilidad es de 25 por ciento, en una prueba de cinco reactivos, aquella baja al 3 por ciento, y en una de diez, al 1 por ciento (Bolívar, 2011).

Bolívar (Bolívar, 2011) expresa algunas recomendaciones para elaborar ítems del tipo verdadero falso:

- Antes de escribir el ítem, conviene tener clasificado el objetivo en el que se basa.
- El ítem debe ser introducido con palabras que expresan la necesidad que tiene el alumno de seleccionar, organizar y aplicar conocimientos.
- Los enunciados deben ser breves y de estructura sencilla.
- En cada enunciado se debe incluir sólo una idea central significativa.
- Los reactivos deben ser redactados de tal manera que se le pueda juzgar inequívocamente como verdadero o falso.
- Se debe evitar la utilización de vocablos tales como “siempre”, “nunca”, “todo”, “ninguno” y “solamente”, que tienden a ser utilizados en ítems falsos en una evaluación.
- Se debe evitar la utilización de vocablos tales como “usualmente”, “acaso”, “a veces”, “ninguno” y “solamente”, que tienden a ser utilizados en ítems verdaderos.
- Se deben usar cuidadosamente los enunciados negativos y se debe evitar la doble negación.
- Se debe incluir en la evaluación igual número de ítems verdaderos que de reactivos falsos

### *Selección Simple y Múltiple*

Según expresa Bolívar (Bolívar, 2011) este tipo de ítems consta de dos partes: (a) un enunciado que puede estar representado por una frase o una pregunta, y (b) cuatro o más alternativas de respuestas, una de las cuales es la opción correcta (en los casos de los ítems de opción simple). El resto se conocen como distractores y deben guardar relación con el enunciado que las introduce. Cuando la selección supone elegir más de una alternativa de las varias que se presentan, se dice que el ítem es de opciones múltiples. En este caso se deben incluir un número mayor de distractores.

Este tipo de ítems es el más utilizado por los especialistas a pesar de ser el tipo de reactivo que es más exigente en cuanto a su redacción. Entre las razones que existen para esta predilección, se encuentra que es uno de los tipos de ítems más confiables ya que permite controlar al máximo

las respuestas por azar. También permiten medir los aspectos relevantes de la mayoría de los objetivos instruccionales. En general, este tipo de reactivo se presta menos a la ambigüedad y a las falsas interpretaciones (Bolívar, 2011).

Bolívar (Bolívar, 2011) expresa algunas recomendaciones para elaborar ítems de selección simple y múltiple:

- El ítem debe referirse a un aspecto importante o relevante del contenido que se desea evaluar.
- Los distractores deben plantearse en el contexto del área de contenido que se está evaluando.
- Las alternativas de respuestas correctas no deberían ser demasiado diferentes en apariencia en comparación con los distractores.
- Las alternativas de respuestas deberían ser ordenadas al azar en cada ítem.
- Se deben evitar alternativas como “ninguna de las anteriores”, “ambas a y c” o “todas las anteriores”.
- Cada ítem debe ser independiente de los demás.
- Se debe presentar sólo un problema en el enunciado.
- El ítem se debe redactar en un lenguaje claro y sencillo.
- El enunciado del ítem debe ser redactado en forma afirmativa, siempre que sea posible.
- Hay que asegurarse que la respuesta que se pretende es la correcta o claramente la mejor.
- Se debe evitar el uso de claves verbales que permitan a los alumnos seleccionar las respuestas correctas o eliminar una opción incorrecta.
- Se debe tratar que los distractores aparezcan como posibles y atractivos para el alumno poco informado.
- Se debe controlar la dificultad del ítem, ya sea variando el problema o cambiando las opciones.
- Se debe hacer variar la extensión relativa de la respuesta correcta para eliminar la longitud como una posible clave.

### *Ítems de correspondencia*

Según Bolívar (Bolívar, 2011) en este tipo de evaluaciones se le presentan al alumno dos tipos de listas o columnas (A y B) de nombres, hechos o principios. En una de las columnas (A) se



escribe la lista de premisas mientras que en la otra (B) se escriben las alternativas de respuestas. Puede suceder que existan alternativas de la columna B que no sean utilizadas en ningún caso, o que sean utilizadas sólo una vez o varias veces.

Según Bolívar, existen recomendaciones para el uso apropiado de los ítems de pareo:

- Las instrucciones deben ser claras e indicar cómo se hará el pareo de los ítems de las columnas.
- Se debe incluir material relevante en cada ítem.
- No se debe incluir más de seis premisas en la columna A.
- La columna B debe contener dos o tres alternativas de respuestas más (distractores) de las que realmente se necesitan para contestar todas las premisas.

### *Ítems de completamiento*

Se denominan también ítems de respuestas breves. Según expresa Bolívar (Bolívar, 2011), en este tipo de reactivo el alumno debe proporcionar la respuesta o escribirla en un espacio en blanco previsto para tal fin. El ítem consta de una pregunta o enunciado incompleto al que el alumno responde proporcionando las palabras, números o símbolos adecuados. La dificultad principal reside en la complejidad en la redacción de un ítem incompleto de manera que sólo haya una respuesta correcta. Según Bolívar, este tipo de ítem puede considerarse como objetivo ya que uno o más términos deben ser proporcionados, los cuales pueden ser previamente anticipados para fines de calificación.

Algunas de las recomendaciones para la redacción de ítems de correspondencia son:

- No se debe usar más de uno o dos espacios en blanco.
- Se debe prever que haya un solo término que satisfaga la respuesta para cada espacio en blanco a ser completado.
- Cuando se redacte el ítem se debe prever que la respuesta a ser proporcionada corresponda a términos relevantes en relación con el contenido que se pretende evaluar.
- En la medida de lo posible, los espacios en blanco deben estar ubicados hacia el final de la frase.
- Se debe evitar hacer transcripciones textuales del material en la construcción del ítem.
- Se deben evitar claves ajenas a la respuesta.

### *Mapas conceptuales*

Los mapas conceptuales son recursos gráficos que permiten representar conceptos y predicados de un cierto dominio del conocimiento. Los mapas conceptuales son útiles para la evaluación porque brindan información sobre el tipo de estructura para un conjunto dado de conceptos, es decir, la idea principal es evaluar lo que el alumno sabe en términos conceptuales, como él estructura, jerarquiza, relaciona, discrimina e integra conceptos de una disciplina (Blanco y colab., 2001).

Puede ser que se le pida al alumno que realice un mapa a partir de conceptos dados, que integre mapas, que complete mapas, etc. Los mapas conceptuales permiten la organización y jerarquización del conocimiento de un tema y se puede utilizar antes, durante o después de enseñar un contenido. El mapa conceptual representa una jerarquía de diferentes niveles de generalidad e inclusividad conceptual y se conforma de: conceptos, proposiciones y palabras enlace (Novak y Gowin, 1988). Los conceptos: se refieren a objetos, eventos o situaciones y se representan en nodos. Las proposiciones: representan la unión de dos o más conceptos relacionados entre sí mediante una palabra enlace que expresa el tipo de relación existente entre dos o más conceptos y se representan a través de líneas rotuladas.

Los mapas conceptuales se pueden realizar según tres variantes tales como (a) a partir de un tema o concepto, (b) a partir de un grupo o lista de conceptos que propone el profesor, (c) a partir de una estructura de un mapa conceptual ya elaborado y se le propone nuevos conceptos.

Algunas recomendaciones para el diseño de mapas conceptuales (Ontoria, 1992):

- Selección de las palabras claves que hagan referencia a los conceptos más significativos.
- Agrupar, ordenar y distribuir según el orden jerárquico de tal forma que el concepto globalizado se localice en la parte superior del gráfico y los demás por debajo de este.
- Las palabras clave se unen por líneas que tienen una palabra de enlace, esta sirve para unir los conceptos y establecer el tipo de relación existente entre ambos. A este conjunto se le llama proposición. La construcción del mapa debe permitir que con un golpe de vista pueda captar el significado de los materiales que se van a aprender.

### *Ensayo*

Las pruebas de ensayo son llamadas también pruebas subjetivas, de composición, de discusión, de desarrollo, de preguntas abiertas, de redacción, de completar, etc. Son pruebas que contienen una o más preguntas para las cuales el estudiante debe elaborar respuestas, utilizando

su propio lenguaje y estilo de redacción. Según Bolívar (Bolívar, 2011) se utilizan en los casos en los que se requiere la evaluación de aprendizajes complejos y se desea apreciar la capacidad del sujeto para producir, organizar y expresar sus ideas en forma escrita y su habilidad de razonamiento independiente. En este tipo de ítem, una vez formulada la pregunta, el sujeto tiene completa libertad para responder, es decir, el alumno queda en completa libertad para responder, de cómo enfocar el problema, qué información utilizar, cómo organizar la respuesta y qué grado de importancia dar a cada aspecto de la respuesta.

El ensayo debe tener un contenido relevante, debe poseer una organización lógica y una buena redacción, es decir, debe respetar reglas de ortografía, gramática, puntuación (Shermis y colab., 2008). La citación de fuentes en un formato específico (por ejemplo, APA) puede ser necesaria (Birkenhauer, 2008). Se le proporciona una rúbrica a los alumnos para que puedan adecuar su escritura a las restricciones requeridas para el ensayo (Cooper y colab., 2009). La evaluación se lleva a cabo de conformidad con la rúbrica (Cooper y colab., 2009), (Read, 2005).

Según Bolívar (Bolívar, 2011), existen dos tipos de reactivos de ensayo: los de respuesta restringida (ensayo restringido) y los de respuesta libre (ensayo irrestricto).

### *Ensayo irrestricto*

El ensayo sin restricciones es una actividad de evaluación por escrito que puede o no tener un tema y un alcance predefinido (Birkenhauer, 2008), (McNamara y colab., 2010), es decir, los alumnos que completen un ensayo sin restricciones pueden escribir sobre temas similares o diferentes; sin embargo, el objetivo del ensayo será el mismo para todos los alumnos (Read y colab., 2005). Según expresa Bolívar (Bolívar, 2011), en el ensayo irrestricto se le concede al alumno amplia libertad en cuanto a la naturaleza y el alcance de su respuesta, aunque en algunos casos se pueden imponer límites mínimos de tipo prácticos, como los temporales o de número de páginas. En consecuencia, el alumno tiene amplia libertad para demostrar sus capacidades de síntesis, imponiéndole un control necesario para asegurar que la pregunta pondrá de manifiesto las habilidades cognitivas deseadas.

Como se expresara anteriormente, existen instrucciones y parámetros que se le pueden incorporar al ensayo; sin embargo, estos pueden ser intencionalmente ambiguos o poco definidos con el fin de fomentar el descubrimiento y/o la creatividad por parte del alumno (Landauer y colab., 2003), (McNamara y colab., 2010).

### *Ensayo restringido*

Un ensayo restringido es una actividad de aprendizaje por escrito que tiene un tema y un alcance (Attali y colab. 2013), (Birkenhauer, 2008). Los alumnos que completan un ensayo restringido escriben sobre lo mismo, de la misma manera, y de acuerdo con instrucciones y parámetros específicos (Landauer y colab., 2003). Según expresa Bolívar (Bolívar, 2011), el ensayo restringido tiene la ventaja que se puede preparar más fácilmente, relacionarse más directamente con los resultados específicos del aprendizaje y calificarse cómodamente. Pero su principal desventaja es que no dan mucha oportunidad para organizar, integrar y desarrollar patrones de respuesta esencialmente nuevos. En consecuencia, este tipo de reactivos son útiles para medir los resultados del aprendizaje en los niveles de comprensión, aplicación y análisis de la taxonomía de Bloom (Bloom, 1956), pero tienen relativamente poco valor para medir los niveles de síntesis y evaluación.

Según Bolívar, existen recomendaciones para el uso apropiado de los ensayos:

- Se debe utilizar un número relativamente grande de ítems de respuestas restringidas en vez de pocos reactivos de respuestas libres. Ello permite un mejor muestreo de contenido y facilita la calificación debido a la semi-estructura implícita de la evaluación de respuestas restringidas.
- El enunciado debe ser claro, evitando ambigüedad sobre la información que se pide. Es necesario proporcionar suficiente información en la formulación de la pregunta, a fin de orientar al estudiante hacia la respuesta esperada. Algunas veces este tipo de preguntas son tan generales, que dificultan al sujeto precisar que se espera de ellos en las respuestas, lo cual podría inducir a contestaciones bajas o imprecisas.
- Evitar que los alumnos elijan las preguntas que van a responder entre varias propuestas y evitar poner exámenes distintos a distintos alumnos. Esto es muy importante si deseamos comparar el rendimiento suponiendo la misma dificultad en la prueba.
- Los reactivos deben ser formulados de manera que estimulen al alumno a responder con razonamiento de alto nivel cognitivo. Se deben emplear términos o expresiones como “comparar”, “analizar”, “relacionar”, “explicar”, “evaluar”, “realizar un análisis comparativo de”, “describir el proceso de...”, “inferir”, “realizar un análisis crítico de...”.
- Se debe evitar comenzar la redacción de los reactivos de ensayo con palabras tales como “qué”, “quién”, “cómo”, “dónde”, “mencione”, “enumere”, entre otros. Estos términos

tienden a limitar la respuesta a resultados de conocimiento correspondientes al primer nivel de la taxonomía de Bloom (Bloom, 1956).

- No deben formularse preguntas que sólo requieran de una expresión de opinión del alumno que responde. Las respuestas basadas en las opiniones de los alumnos no permiten tener un criterio común de calificación de las preguntas, ya que cada opinión no puede ser evaluada sino en función de las argumentaciones lógicas de cada individuo, las cuales pueden ser tan variadas como personas existan.

Entre las mayores limitantes que tiene el ensayo, figura la naturaleza de la respuesta, dado que el alumno debe escribir la respuesta con sus propias palabras, su capacidad para escribir tiende a alterar la calificación. Otro inconveniente está relacionado con la subjetividad de la calificación que es difícil de eliminar dado a la laboriosidad y el consumo de tiempo que implica la puntuación de este tipo de evaluaciones, y que tiende a ser poco estable de un evaluador a otro o aún en un mismo evaluador cuando realiza la prueba en diferentes ocasiones.

### *Portafolio*

Un portafolio es una colección de evidencias de aprendizaje de un alumno en un curso o programa, es decir, contiene un conjunto de producciones o trabajos: ensayos, análisis de textos, composiciones escritas, problemas resueltos, proyectos, reflexiones, e instrumentos o técnicas evaluativas tales como cuestionarios, mapas conceptuales, exámenes, entre otros. Un portafolio puede contener artefactos creados por el alumno, las soluciones a los problemas resueltos por el alumno, las reflexiones sobre los artefactos o las soluciones correspondientes, las descripciones de los artefactos o soluciones, y reflexiones sobre la retroalimentación de los compañeros o profesores (Chang y colab., 2013), (Van der Schaaf y colab, 2012). La organización, diseño y contenido de un portafolio (Vance y colab., 2013) puede estar dada por los alumnos o les puede estar prescrita (Van der Schaaf y colab, 2012), (Vance y colab., 2013). Un portafolio se valora de acuerdo con los requisitos establecidos por el profesor (Vance y colab., 2013) y cuyo objetivo final es contar con una muestra que haga constar los aprendizajes y progresos de los alumnos durante el período de enseñanza. Se pueden crear portafolios digitales.

Existen recomendaciones para la construcción de portafolios (Barberá Gregori, 2005):

- Delimitar exactamente lo que se quiere valorar y evidenciar por parte de los alumnos y la manera de hacerlo, de otro modo el portafolio se convertirá en un álbum que contiene más

trabajo y más aspectos de los estrictamente necesarios: el portafolio es una selección de trabajos y como tal debe también ahorrar tiempo al profesor en lugar de sumarle.

- Al principio el alumno necesita mayor orientación pero cuanto mayor sea este trabajo inicial menor serán los “imprevistos” que pueden suceder; también es recomendable que este sistema se utilice en más de una asignatura y más de un profesor y, si es posible, que sea una opción de centro para alguna/s asignatura/s concreta/s.
- El profesor establecerá normas claras de elaboración y funcionamiento del portafolios como, por ejemplo, pueden ser las referidas a no sacarlo de clase o hacerlo en momentos establecidos, tener un día al mes de revisión conjunta, fijar reglas para apartados del portafolios que se puedan realizar en grupo o que sean optativos, anunciar la participación de los padres en este sistema, etc.
- Se deberá velar para que los materiales introducidos en las carpetas correspondan al desarrollo de diferentes capacidades por lo que se puede hacer incidencia en la necesidad de su diversificación.
- Existe la conveniencia de indicar a los alumnos que hagan la selección de una muestra o dos cada semana para facilitar la decisión de las muestras finales y para que adquieran el hábito de hacerlo de manera continuada y adecuada. Se tendrán en cuenta diferentes procedimientos de evaluación en el mismo portafolio.

Los instrumentos indicados para esta evaluación consisten en pruebas informales, exámenes prácticos, observaciones y registros del desempeño, interrogatorio, etc.

### **1.3. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE MEDIADO POR TICs**

Como se mencionara anteriormente, el e-learning refiere a una modalidad de organización, desarrollo y evaluación de los procesos de enseñanza-aprendizaje que se materializa o tiene lugar a través de espacios pedagógicos creados digitalmente y que en algunos ámbitos reciben el nombre de aula virtual (Gregori y colab., 2005). Un aula virtual es un espacio o entorno creado virtualmente con la intencionalidad de que un alumno obtenga experiencias de aprendizaje a través de recursos o materiales bajo la supervisión e interacción con un profesor. El alumno cuando accede a ese espacio virtual debe obtener experiencias o vivencias de situaciones potenciales de aprendizaje, de forma similar, a lo que le ocurre en los escenarios presenciales: acceder al material de estudio, formular preguntas a través de foros, resolver y entregar trabajos prácticos, etc. En esta línea, el

profesor debe desarrollar más el rol de supervisión y guía del proceso de aprendizaje del alumno cambiando el rol histórico de transmisor del conocimiento asumiendo un modelo de profesor como tutor o dinamizador de actividades de aprendizaje (Area y colab., 2009) profundizando la motivación, refuerzo, y orientación.

En este contexto, entre los factores que afectan el éxito del e-learning, podemos mencionar contar con mecanismos de retroalimentación adecuados. La evaluación puede ser considerada como un elemento que proporciona información para orientar y mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Thurmond y colaboradores (2002) afirman que la diversidad en la evaluación y los diferentes modos de percibir la interacción con otros influencia sobre la satisfacción del e-Learning considerablemente tanto de alumnos como de profesores. El uso de diferentes métodos de evaluación en un sistema de educación basado en las TICs hace que los alumnos perciban el establecimiento de una conexión entre ellos y los profesores, y consideren que sus esfuerzos de aprendizaje se evalúan adecuadamente (Pei-Cien, 2008).

Un sistema de administración del aprendizaje ofrece la posibilidad de proponer distintos tipos de prácticas y distinguir entre obligatorias y recomendadas, siendo puntuables y no puntuables respectivamente para quienes deseen profundizar en la materia de forma voluntaria. Ambas permiten construir conocimiento. Mediante los criterios de evaluación los profesores pueden indicar al alumno qué aspectos se van a valorar en el proceso enseñanza aprendizaje y qué porcentaje de la nota corresponde a cada una de estas prácticas (lecturas, foros, casos, ejercicios, test). Lo que favorece la transparencia en la evaluación porque el alumno conoce el valor de cada tarea en su evaluación continua y cómo debe trabajar para conseguir alcanzar las competencias requeridas en el curso.

Mediante una herramienta de soporte para administrar evaluaciones se puede realizar exámenes a través de la web. Esta función ofrece muchas posibilidades: se puede establecer tiempo por examen global, por pregunta o realizar evaluaciones sin tiempo fijo, se puede permitir que los alumnos repitan su examen un número determinado de veces o tantas veces como quieran, se puede crear exámenes tipo test o preguntas de desarrollo, siendo posible en el primer caso darles la nota inmediatamente. Se pueden insertar tablas, gráficos, videos en las preguntas, así como en las respuestas. También se puede determinar el horario de comienzo y fin del mismo (Barriopedro y colab., 2012).

La evaluación del aprendizaje se facilita cuando se utilizan plataformas de e-learning (e-assessment), dado que estos sistemas integran todas las actividades y permiten desarrollar tareas teniendo un pormenorizado registro de lo que sucede en estos espacios de aprendizaje. En estas plataformas, es posible conocer si los alumnos han ingresado al curso, si han respondido a los cuestionarios y evaluaciones, si han descargado el material ofrecido por el profesor, es decir, la plataforma permite un seguimiento pormenorizado de las actividades y de los accesos realizados. Pero en el ámbito de la evaluación soportada por las TIC todavía hay algunos problemas que superar. Por un lado, la evaluación debe ser aceptada por los profesores y para ello se necesitan herramientas de soporte para generar evaluaciones válidas y confiables desde una perspectiva pedagógica. Eso significa que es necesario definir un mecanismo para estimar si la evaluación cubre todos los objetivos de aprendizaje de un curso y satisface ciertos principios pedagógicos (Bolívar, 2011).

Por otro lado, el LMS debe ser compatible con diferentes tipos de evaluaciones, con diferentes niveles de complejidad y en diferentes etapas del proceso de enseñanza-aprendizaje. De esta manera, un LMS (learning Management System) debe permitir que los educadores diseñen evaluaciones diagnósticas, formativas y sumativas, para adecuarse a las características del momento de la misma. En el contexto de educación mediada por TICs. las evaluaciones diagnósticas pierden sentido si el curso ya se encuentra conformado ya que su objetivo es realizar los ajustes necesarios de acuerdo con el nivel de los alumnos. Pero es importante para ubicar al alumno en el nivel que le corresponde. Si en algún curso no se diferencian niveles es probable que pueda prescindirse de la evaluación diagnóstica. Se desempeña a lo largo de todo el curso y su cometido es apoyar al alumno en su proceso de aprendizaje, al señalarle deficiencias y errores. La evaluación formativa en la enseñanza presencial es muy útil, en la modalidad a distancia resulta imprescindible. De hecho, gran parte de la enseñanza se realiza por medio de ella; es constante y debe ser suficiente, pertinente y estar muy bien diseñada para apoyar realmente el aprendizaje. Además la retroalimentación que se deriva de ella, ya sea en forma automática o por medio del tutor, tiene que ser oportuna, clara y adecuada a cada tipo de problema (Chacón, 1994), (Morgan y colab., 1999). La evaluación formativa es sustantiva para el aprendizaje a distancia, sin ella, éste difícilmente se lograría (Castillo 2006). En cambio la evaluación sumativa es tan importante en la educación presencial como en la educación a distancia ya que permite obtener calificaciones (Chacón, 1994).



Una plataforma educativa también debe permitir la generación de autoevaluaciones para permitirle al alumno la gestión de su propio aprendizaje, co-evaluaciones de alguna actividad realizada en equipo de forma colaborativa y hetero-evaluaciones para permitir la inclusión de diferentes agentes y actores al proceso evaluativo. Estas prácticas fomentan su aprendizaje crítico y reflexivo. Es decir, un LMS debe poder soportar los diferentes tipos de evaluaciones de manera de optimizar la retroalimentación del aprendizaje.

En la enseñanza presencial se observa directamente a los alumnos, de manera que las evaluaciones realizadas pueden complementarse y adecuarse a partir del concepto que se posee del alumno, de modo que si no se tiene total certeza, por ejemplo, sobre la confiabilidad de una evaluación, esa deficiencia puede contrarrestarse con la información recabada por el profesor a lo largo del dictado del curso o materia. En la enseñanza a distancia se conoce al alumno por medio de sus actividades con lo que el profesor evalúa permanentemente. En este sentido, las actividades de aprendizaje se convierten en los únicos medios de evaluación y, por lo tanto, deben ser totalmente confiables (Morgan, 1999). Tanto la validez como la confiabilidad que tienen los instrumentos de evaluación del aprendizaje deberán ser uno más de los estándares para determinar el nivel del curso. Los principios de validez y confiabilidad, importantes en la enseñanza tradicional, resultan imprescindibles en la situación en la cual se toman múltiples decisiones a lo largo de un período de enseñanza, basadas sólo en los resultados de los instrumentos de evaluación (Castillo, 2006) como en el caso de la enseñanza mediada por tecnologías. En contraposición, en la educación a distancia en la que no se conoce personalmente al alumno, sino sólo sus trabajos, comentarios y ejecuciones, resulta más fácil cumplir con el principio de objetividad que en la enseñanza presencial.

En cuanto a los instrumentos, las pruebas objetivas son de uso común en e-learning, sobre todo por la posibilidad de calificación automatizada y la posibilidad que brinda de estructurar o diseñar evaluaciones paralelas a partir de un banco de reactivos (Chacón, 1994). En cuanto a los ensayos, que son de uso común en la enseñanza tradicional por la facilidad de su elaboración aunque resultan difíciles de calificar, se usan también en e-learning, aunque ameritan la participación indispensable del tutor o profesor para su revisión, sobre todo si se trata de educación a distancia. Con respecto al portafolio, si no es utilizado correctamente más que un instrumento constituye un archivo o receptáculo en el cual se guardan varios instrumentos de evaluación del alumno, así como algunos de sus trabajos e informes. Se utiliza cada vez más en la enseñanza tradicional, aunque no se explotan todas sus virtudes, en vista de que los profesores no hacen

observaciones y recomendaciones a las deficiencias que tiene cada alumno a lo largo del curso, tiene gran uso en e-learning. En el portafolio electrónico (e-portfolio) se integran las actividades más relevantes realizadas por el estudiante (García, 2005) y el tutor escribe comentarios que orientan la superación de las dificultades y errores de aprendizaje. Es uno de los medios importantes de comunicación entre el tutor y el alumno. El empleo de los mapas conceptuales en la educación tradicional se está generalizando a pesar de las complicaciones que conlleva su calificación. En e-learning se utiliza, pero no de manera amplia, ya que enfrenta la dificultad de que su uso supone que los alumnos conocen lo que es un mapa conceptual, cómo elaborarlo y la forma de modelarlo en la computadora. Al juzgar el e-assessment no se puede soslayar la valoración de la pertinencia de los instrumentos elegidos para evaluar el aprendizaje, tanto en forma diagnóstica, como formativa o sumativa (Castillo, 2006).

La implantación de la autoevaluación mediante entornos virtuales es perfectamente factible en pruebas de repuesta objetiva y permite la realización de distintas actividades docentes que promueven el aprendizaje antes, durante y después del periodo académico (García-Beltrán, 2006). Por un lado, la evaluación inicial permite conocer el perfil de conocimientos inicial de los alumnos para decidir el contenido, orientación y nivel de las clases, así como el tipo de ayuda pedagógica. Por otro lado, la evaluación continua facilita información del avance en el proceso de aprendizaje de forma paralela a la docencia. También, la evaluación combinada con las clases teóricas o prácticas permite medir de forma inmediata la asimilación de los contenidos docentes. En el caso de la evaluación previa a la realización de la práctica obliga a una actividad de estudio y asimilación individual del alumno, en muchos casos muy necesaria para los objetivos previstos. La evaluación final permite valorar el grado de consecución de los objetivos docentes. En todos los casos, el diseño y planificación de la autoevaluación debe ser coherente con los objetivos y el resto de la metodología docente a emplear. La ventaja de la retroalimentación inmediata en los sistemas de autoevaluación mediados por TIC constituye una clave fundamental en el proceso de aprendizaje, ya que se presenta como un elemento motivador para el esfuerzo del alumno y le orienta eficazmente en sus actividades.

### **1.3.1. Herramientas para e-assessment**

Varias herramientas han surgido para colaborar con el proceso de evaluación en la situación de distancia o mediada por TIC (Vitturini y colab., 2011) (Romero, 2006a). Sin embargo, la tarea de diseñar una evaluación de calidad puede ser considerada como difícil cuando el profesor no tiene

una base pedagógica sólida. En este sentido, hay una variedad de instrumentos para la evaluación que podrían utilizarse en una situación de e-learning. Sin embargo, en un LMS generalmente se utiliza sólo algunos de ellos, siendo el más popular la evaluación objetiva tanto de opción múltiple como de opciones simples.

Existen herramientas para la administración de test online (e-questions) entre las que se pueden mencionar ProProfs<sup>1</sup>, ClassMarker<sup>2</sup>, Equizzer<sup>3</sup> y EasyTestMaker<sup>4</sup>. Estas herramientas están orientadas tanto a docentes de educación formal, como docentes que realizan alguna actividad formativa fuera del ámbito curricular y las empresas y permiten realizar eQuestions, encuestas, crear cursos, encuestas de satisfacción, entre otros. En línea general permiten la importación de preguntas o consignas desde un archivo externo, como por ejemplo una planilla de cálculo, o la creación de las mismas proponiendo los campos necesarios en donde el profesor debe ingresar los elementos mediante un formulario. Estas herramientas también permiten reordenar las preguntas y administrar el puntaje de cada una. No se considera la generación automática de las consignas.

Como ejemplo de evaluaciones integradas a un LMS se encuentra el módulo cuestionario de Moodle<sup>5</sup>. Generalmente se utiliza para la creación y gestión de los exámenes en línea. Los cuestionarios están compuestos por diferentes tipos de preguntas: verdadero o falso, selección de los ítems propuestos, responder con una sola palabra, etc. Se puede definir una base de datos con preguntas que pueden ser usadas por el profesor en cuestionarios distintos y en más de una oportunidad. Las preguntas se pueden almacenar en categorías, las que se pueden publicar de manera tal que puedan ser accedidas por cualquier curso del sitio. Una vez respondido el cuestionario se obtiene la calificación automáticamente, el profesor puede establecer un tiempo límite de permanencia del formulario activo para responderlo, transcurrido el mismo el cuestionario deja de estar disponible. También se puede definir la cantidad de veces que el alumno puede responder ese cuestionario para el caso de haber fallado o permitir que se visualicen las respuestas correctas y los comentarios.

La mayoría de los LMS contiene plantillas para preguntas de tipo opciones múltiples (Multiple Choice Questions, MCQ), verdadero o falso (True False, TF), correspondencia o preguntas

---

<sup>1</sup> <http://www.proprofs.com/quiz-school/>

<sup>2</sup> <http://www.classmarker.com/>

<sup>3</sup> <http://www.equizzer.com/>

<sup>4</sup> <https://www.easytestmaker.com/>

<sup>5</sup> <https://moodle.org/>

de respuestas cortas. Sin embargo ensayos u otro tipo de ítems todavía no están implementados, lo que no significa que estas formas de evaluación no sean necesarias para realizar evaluaciones válidas y confiables (Govindasamy, 2001). Pero en ninguno de los ejemplos mencionados anteriormente existe una forma de generar las evaluaciones en forma automática considerando el dominio de conocimiento impartido por el profesor ni teniendo en cuenta cuestiones pedagógicas que recomienden buenas prácticas a la hora de diseñar una evaluación.

#### **1.4 FUNDAMENTOS DE LA TESIS**

La incorporación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) a todos los ámbitos de la sociedad, y a la educación en particular, representa un desafío en la búsqueda de una renovación sustantiva de los métodos, la organización y los procesos de enseñanza. Este cambio presenta el desafío de innovar no sólo en la tecnología, sino también en sus concepciones y prácticas pedagógicas, modificando el modelo de enseñanza en su globalidad. La educación mediada por TIC, denominada como e-learning, impone el reto de desarrollar un entorno de enseñanza que permita el diseño de material flexible y personalizado que se ajuste a ambientes de trabajo heterogéneos y dinámicos.

Como parte de esta dinámica, la Web se constituyó en un universo virtual en constante evolución, exigiendo el desarrollo de la adaptación por parte de los sistemas educativos, generando nuevas estructuras didácticas incorporadas a estos entornos tecnológicos (Gama, 2005). Esta situación genera nuevos paradigmas educativos en donde la educación mediada por las tecnologías tiene un rol privilegiado, llevando a cabo el proceso de enseñanza mediante diferentes métodos, técnicas y estrategias.

Incrementalmente, se van incorporando universidades e instituciones que comienzan programas de e-learning y, paralelamente, en el dominio de los negocios también se están movilizándose hacia entrenamientos online (Neal y colab., 2003). Esta situación genera la constante búsqueda de recursos para enfrentar una serie de cuestiones complejas como la planificación, diseño e implementación de cursos y programas adecuados a esta realidad. Por otra parte, la creciente disponibilidad del e-learning da origen a un espectro de problemas generados por accesos universales, con diferencias culturales y de idioma.

El avance tecnológico en entornos distribuidos posibilita patrones de transmisión de contenidos educativos como la educación a distancia o la educación semipresencial, con la consiguiente proliferación de herramientas que asisten en el desarrollo de estas modalidades de

aprendizaje. Por este medio, se intenta resolver limitaciones de disponibilidad en escenarios tradicionales de enseñanza (Cristea y colab., 2003). Además, se puede contar con interfaces flexibles e intuitivas mediante el aprovechamiento de los recursos tecnológicos, estableciendo ambientes adaptativos donde el proceso de enseñanza se ajusta a las necesidades de cada usuario.

En un sentido pedagógico, la enseñanza en ambientes abiertos demanda mayor personalización y eficacia para proveer orientación a los alumnos y soporte en el acceso individual. Es importante tener en cuenta que los recursos educativos son accedidos por personas que difieren en una diversidad de características que demandan la producción de estrategias y materiales de naturaleza mucho más facilitadora que prescriptiva (Guardia Ortiz, 2005).

Se observa que el uso de tecnologías para la Web Semántica en e-learning es cada vez más significativo. Estas tecnologías pueden explotarse como una plataforma para la implementación de un sistema de e-learning ya que provee todas las herramientas que esta modalidad educativa requiere: conceptualizaciones de datos basados en ontologías de materiales educativos (Stojanovic y colab., 2001), estandarización de los componentes para compartir información y composición en cursos educativos con entrega proactiva del material de enseñanza a través de un Sistema Administrador del Aprendizaje, LMS (Chung y colab., 2003).

Como muestra del avance de la utilización de las tecnologías de la Web Semántica en e-learning, en Angelova, (2004) las ontologías brindan soporte para el aprendizaje adaptativo de las terminologías del idioma inglés en el área de los negocios como complemento de las actividades de clase, registrando la performance del alumno y determinando cursos a seguir. En Cakula y colab. (2013) se propone un modelo de colaboración entre los servicios de etiquetado distribuidos basado en ontologías que tratan información referente a materiales de aprendizajes e-learning cuyo propósito es favorecer la localización de los mismos. En Dolog y colab. (2004) se brinda soporte en el aprendizaje personalizado en entornos distribuido basado en ontologías y servicios web.

También se evidencia la utilización de descripciones estandarizadas en los materiales educativos, como Hsu (2012) que propone mejorar la descripción de los Objetos de Aprendizaje (OA) de manera que las búsquedas de material educativo sean exitosas. En Kiu y colab., (2006) se realiza el mapeo automático de ontologías, para recuperar y ensamblar partes de OA y crear nuevos objetos, adecuados a diferentes contextos y objetivos de aprendizaje. En Knight y colab., (2006) se utilizan las tecnologías semánticas para vincular diseño de aprendizaje y contenido de aprendizaje, independientemente de su contexto promoviendo la reutilización.

En Paralič y colab., (2013) se utilizan ontologías para describir procesos genéricos de enseñanza y posibilita el agregado semántico necesario para una integración flexible de los servicios y los procesos educativos. En Rius y colab., (2013) proponen un *framework* dirigido específicamente a comunidades de la educación superior y tiene como objetivo ofrecer un conjunto de interfaces de servicios Web para la construcción de sistemas de e-learning que proporcionen interoperabilidad entre aplicaciones. Frutos- Morales, y colab. (2010) proponen la utilización las tecnologías de la web semántica para generar información semántica en el proceso de enseñanza aprendizaje.

En este contexto pedagógico-tecnológico, la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje (e-assessment) se convierte en un factor clave. Basado en la evaluación, el aprendizaje con la utilización de las nuevas tecnologías puede enriquecerse con una retroalimentación de calidad a través de una enseñanza personalizada, convirtiendo a este proceso en una experiencia altamente interactiva basado en tecnologías web. En este sentido, se hacen imprescindibles estrategias tendientes a mejorar los procesos de conceptualización, diseño, planificación y ejecución de las actividades de evaluación donde se controla el proceso de enseñanza en contextos de trabajo distribuidos. Los objetivos de aprendizaje que son definidos por un profesor, deben evaluarse en uno de estos dos sentidos: para la clasificación de los alumnos y para mejorar la calidad del curso en futuros dictados (Mödritsche y colab, 2006).

Con el fin que la evaluación mediada por las TIC sea aceptada por los educadores, se necesitan herramientas que den soporte al diseño y creación de evaluaciones válidas y confiables, desde una perspectiva pedagógica y técnica (Pei-Cien, 2008). Es decir, es necesario establecer una alineación de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación, definiendo un mecanismo para validar si la evaluación cubre todos los objetivos de aprendizaje de un curso y que a su vez satisface los principios pedagógicos de confiabilidad y validez (Ashton, 2008). Por un lado, una prueba puede ser considerada válida si los ítems que integran la misma constituyen una muestra representativa del dominio de contenido del curso que se desea medir. Por otro lado, la confiabilidad permite estimar la homogeneidad de la prueba o el grado de intercorrelación de los ítems que conforman la misma (Bolívar, 2011).

Los numerosos trabajos que abordan la utilización de TICs en el dominio de la evaluación demuestran la relevancia que el proceso de evaluación tiene en el aprendizaje y pone en evidencia los esfuerzos tendientes a mejorar este proceso. Tal es el caso de Hoang y colab (2013) que presentan un trabajo que propone mejorar la calidad de las evaluaciones de los conocimientos y

habilidades de los alumnos en entornos online a través de evaluaciones basadas en preguntas abiertas, calificadas automáticamente y por los mismos alumnos para mejorar la colaboración e interacción entre estudiantes. Lin y colab. (2011) proponen una forma de evaluación que anima a los estudiantes a discutir entre ellos y reflexionar sobre un tema dado, en un ambiente de aprendizaje colaborativo para la construcción del conocimiento, a los fines de mejorar habilidades de reflexión, argumentación y comprensión conceptual. La asincronicidad de la conversación que brindan los entornos e-learning favorece la reflexión, ante discusiones o diferencias de posturas. En Liu, (2010) para evaluar los logros de los alumnos y la integración de los conocimientos se propone el uso de mapas conceptuales que permiten conocer cómo los estudiantes están aplicando los conceptos, cuán profundo ha sido su entendimiento y si los ha podido integrar con otros saberes. No se utilizan otros instrumentos de evaluación. En McCusker, (2013) se aplican técnicas de evaluación inteligente que se valen del conjunto de datos provenientes del entorno de aprendizaje, información sobre las actuaciones del alumnos que registra el sistema administrador del aprendizaje (LMS) que son evaluados rápidamente para proporcionar en tiempo real resultados que permiten clasificar el estilo de aprendizaje del alumno y proporcionar la personalización en la enseñanza de los estudiantes.

En Mödritsche y colab., (2006) se estudian métodos para evaluaciones de los conocimientos en ámbitos online, considerando aspectos pedagógicos y didácticos. Se contrastan los enfoques: conductista, cognitivo y constructivista de la educación. En Navarrete y colab., (2011) se propone una herramienta para evaluar los conocimientos geográficos de los alumnos aplicando preguntas interactivas a través de un servicio de mapas Web. Los docentes a través de un asistente configuran los elementos geográficos a utilizar y las preguntas interactivas y contextualizadas que conformarán la prueba, las respuestas dadas son evaluadas automáticamente. En Vitturini y colab., (2011) se presenta una propuesta técnica que consiste en el uso de un conjunto de pruebas que deben realizar los alumnos y que evalúan los conocimientos básicos y previos que éstos deben tener para acceder a una posterior instancia de evaluación llevada a cabo por el docente, estos filtros establecen quién pasará a la próxima instancia de evaluación de acuerdo a los conocimientos incorporados.

En Heinrich y colab. (2009) se realizó un estudio sobre el uso de herramientas basadas en tecnologías (e-tools) para la asignación de evaluaciones formativas. En su trabajo, los autores enfatizan la importancia de la tecnología del e-learning para las evaluaciones. Las partes principales involucradas y favorecidas son los alumnos, profesores, miembros de gestión institucional y

administrativa, cada grupo con beneficios particulares sobre este proceso. Entre otros beneficios, se puede mencionar la reducción significativa de recursos y de tiempo en las tareas involucradas, la eliminación de limitaciones geográficas, la disponibilidad a largo plazo de los componentes dada la facilidad de almacenamiento. Sin embargo, los autores destacan que el uso de las tecnologías por sí mismas no beneficia la evaluación sino que ese proceso debe estar integrado al aprendizaje. Estas aproximaciones deben enfatizar el rol de la tecnología para dar soporte al asesor humano. De esta manera, concluyen que hay muchas oportunidades para el uso de tecnologías para mejorar las evaluaciones. También consideran que existe un consenso en la literatura que no se está sacando ventaja de estas oportunidades y que no se está haciendo el esfuerzo suficiente en la exploración del uso del e-learning para el proceso de evaluación y las tareas relacionadas. Sin embargo la arquitectura de la Web Semántica establece una herramienta poderosa para satisfacer los requerimientos de eficiencia que los nuevos paradigmas en e-learning requieren. Tal es el caso de la existencia de herramientas para la creación, edición, mantenimiento e intercambio de ontologías, que hacen posible la utilización de ontologías en la evaluación de la enseñanza en ambientes colaborativos.

En Castellanos-Nieves, (2011) y Chung y colab, (2003) los autores afirman que las ontologías pueden utilizarse con diferentes propósitos: (1) para capturar la estructura de un dominio, (2) para capturar la representación de un dominio por parte de expertos, (3) para codificar y enlazar el contenido a una estructura de dominio, (4) para marcar un mapa de conocimiento, (5) para empaquetar y entregar contenido con diferente granularidad, (6) para ser parte de un sistema recomendador y (7) para proporcionar una estructura para guiar el diseño automatizado de una evaluación. En este trabajo, los autores definieron una ontología como una estructura para guiar el diseño automatizado de evaluaciones. En este caso, la ontología soporta solo la generación de preguntas abiertas.

Los trabajos realizados en este sentido demuestran la búsqueda de la utilización de las bondades de las tecnologías semánticas, específicamente de las ontologías, en el ámbito de la evaluación. Holohan y colab. (2006) en su trabajo utilizan las ontologías para la generación de ejemplos de problemas para los alumnos. Los autores aplicaron esta idea para dominios estructurados como la generación de ejercicios para bases de datos relacionales, pero solo considerando preguntas de moderada complejidad sobre dominios, tomando como ejemplo las operaciones matemáticas, donde se pueden generar fácilmente ejemplos en forma aleatoria y se



puede generar automáticamente su respuesta en forma automática. Esta misma idea es aplicada en el dominio de los lenguajes computacionales. La generación automatizada de ejercicios con problemas de e-learning tiene un rol dual: para el alumno, puede ser configurado como un servicio online independiente para producir problemas sobre demanda, y para el profesor o el autor de contenidos puede ser utilizado para colaborar en la composición de ejercicios de problemas. El trabajo no contempla la corrección automatizada de las evaluaciones, si bien los autores consideran extender el trabajo para la comparación de las respuestas de los alumnos con la respuesta considerada como correcta en un futuro.

Chan y Chen (2009) proponen una herramienta para la evaluación entre pares para satisfacer los requisitos de aprendizaje cooperativo. Gladun y colaboradores (2009) proponen una ontología de dominio para evaluar las habilidades de los alumnos. En este caso la ontología de dominio no es sólo el instrumento de aprendizaje sino también un medio para la enseñanza.

En Alsubait y colab., (2012) si bien los autores muestran el diseño de un algoritmo que posibilita generar preguntas para los exámenes de manera automática, es sólo para preguntas de tipo opción múltiple, sin detallar las ontologías en las que se basa. En Chen y colab., (2012) se propone el uso de un servicio de aprendizaje personalizado que incorpora un esquema de evaluación del conocimiento que genera preguntas y corrige respuestas haciendo uso de una ontología, con el fin de evaluar el nivel de competencia de los vendedores con respecto a los conocimientos sobre teléfonos móviles. En Elsayed y colab., (2013) se propone evaluar con preguntas de opción múltiples y con preguntas abiertas relacionadas al área de las matemática que requieren de un número variable de pasos para llegar a la solución. La propuesta realizada permite evaluar no solo el resultado final, sino también todo el proceso de deducción. Se puede chequear si un estudiante entendió la problemática o no evaluando los pasos realizado en el proceso de resolución del problema. En Farrús y colab., (2013) la propuesta permite generar evaluaciones con la cantidad de preguntas que el docente determine, pero son sólo preguntas abiertas. Los alumnos pueden realizar las evaluaciones cuantas veces lo consideren necesario, generándose un reporte de su actuación con la calificación obtenida, y tienen permitido comparar la respuesta dada con respuestas de referencia brindadas por el docente, obteniendo así un importante feedback. Para cada pregunta que el docente desarrolló y que forman parte de la evaluación, le asocia varios modelos de respuestas correctas de referencia a fin de garantizar una adecuada corrección automática. Esta propuesta hace énfasis en la corrección automática de las evaluaciones.

En Miranda y colab., (2013) la propuesta actúa como un tutor y detecta las dificultades del alumno, realiza un análisis de sus actuaciones y proponer los trabajos de reparación a través de estrategias de adaptación y personalización. Proporciona herramientas adecuadas para evaluar los conocimientos de los alumnos que utilizan las ontologías de temas para generar preguntas significativas de evaluación teniendo en cuenta la Taxonomía de Bloom. En Rupere y colab., (2013) se propone el uso de un Sistema de Evaluación Web que permite evaluar los conocimientos de los alumnos dados a través de respuestas abiertas cortas, el sistema puede calificar palabras y frases de manera formativa y como lo haría una persona. A través de una entidad inteligente, el sistema puede distinguir entre una respuesta incorrecta y una correcta con errores de ortografía, pudiendo así discernir los errores que deben ser penalizados de los que no. El objetivo es reemplazar a quién evalúa empleando técnicas de inteligencia artificial y ontologías. En Fernández-Breis., (2011) los autores proponen la utilización de las tecnologías de la web semántica para generar información semántica en el proceso de aprendizaje. Por otro lado, también, incorporan interpretaciones semánticas del mapeo entre una ontología de dominio y la ontología que da soporte a la estructura general de las evaluaciones.

En su trabajo de tesis, Romero (2007, 2007a, 2010) definió una ontología que enfatiza el diseño y administración de material para evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje en entornos distribuidos, incluyendo descripciones de términos, teniendo en cuenta el contexto del trabajo, sinónimos y variaciones morfológicas, así como abreviaciones y las relaciones existentes entre ellos. La ontología propuesta es una herramienta que ayuda a estudiantes, diseñadores, profesores o procesos automáticos de software en la búsqueda, evaluación, adquisición y utilización de material de aprendizaje, dado que describe las características relevantes de los componentes de enseñanza de acuerdo al Estándar de Metadatos de Objetos de Aprendizaje de IEEE. Sin embargo, esta ontología está fuertemente asociada a una plataforma de e-learning determinada, no pudiendo reutilizarse en otros LMS.

En Halyang y colab., (2011) se hace énfasis en las cuestiones particulares del aprendizaje en ambientes de trabajo, aprendizaje que se construye sobre tareas prácticas y situaciones laborales. Intenta alinear las necesidades individuales y las necesidades de la organización, la conexión entre el e-learning, la performance en el trabajo y la comunicación entre individuos. Para alcanzar esto, los autores proponen una herramienta para asistir a las organizaciones a esclarecer sus objetivos de entrenamiento, colaborando con los individuos para tomar conocimiento del contexto laboral y de

la performance requerida y, de acuerdo a esto, especificar objetivos de aprendizaje coherentes, acceder a recursos de conocimiento relevante y a comunicarse con otros individuos en forma apropiada. La ontología desarrollada colabora en facilitar y direccionar las actividades de aprendizaje de los trabajadores para alcanzar necesidades individuales y de la organización.

En Redenkovic y colab., (2009) los autores proponen la problemática de la evaluación pero desde el punto de vista de las respuestas y soluciones propuestas por los alumnos y el análisis inteligente de las mismas utilizando un razonador de lógica descriptiva. Propone el uso de la lógica descriptiva para permitir el testeo fácil e individual del conocimiento adquirido por el alumno.

Como puede observarse en los trabajos realizados hasta el momento, en la mayoría de ellos se han definidos ontologías individuales que modelan sólo una parte de los diversos instrumentos que se pueden utilizar para definir una evaluación para un curso determinado en un entorno de e-learning. Por otro lado, son muy pocos los trabajos que vinculan dichas ontologías con el contenido del curso o los objetivos del mismo. Se evidencian líneas de investigación tendientes a determinar el nivel de aprendizaje alcanzado por los alumnos basados en las respuestas dadas en las evaluaciones. Finalmente, al estar los trabajos basados en ontologías livianas, o sea son simples taxonomías, los mismos sólo reflejan las características técnicas de los distintos instrumentos de evaluación dejando de lado las características pedagógicas.

A pesar de los esfuerzos realizados en este sentido, todavía queda mucho trabajo por hacer, especialmente teniendo en cuenta la descripción de las evaluaciones para la ubicación correcta y la recuperación por parte de los educadores, los estudiantes y los sistemas de software.

### **1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El proceso de evaluación es un aspecto crítico en la educación mediada por las TIC y, por lo tanto, los mecanismos de retroalimentación se encuentran entre los factores que afectan el éxito de e-learning, convirtiéndose en aspectos esenciales a tener en cuenta. Como sostiene Dewey (1963), el aprendizaje es fundamentalmente de naturaleza social. Thurmond y colab. (2002) afirman que la diversidad en la evaluación y la percepción de la interacción con los evaluadores influencia positivamente el e-learning. El uso de diferentes métodos de evaluación en un sistema de e-learning hace que los estudiantes establezcan una conexión con sus profesores, y esto a su vez ayuda a asegurar que sus esfuerzos de aprendizaje se evalúan correctamente (Sun y colab., 2008). Hay una gran variedad de instrumentos para la evaluación, sin embargo, en un sistema de e-learning sólo

unos pocos de ellos se utilizan. En general, se reduce a la utilización de los más populares: instrumentos objetivos como de opción múltiple y simple.

Si bien de manera exponencial se están evidenciando esfuerzos tendientes a desarrollar herramientas para la generación, organización y personalización de contenido de enseñanza mediados por TIC incluyendo la evaluación de los aprendizajes (e-assessment), todavía hay un largo camino por recorrer. El proceso de evaluación debe realizarse a través de consignas tendientes a valorar diferentes niveles de habilidad de los alumnos definidos en la taxonomía de seis niveles de comportamiento intelectual (Bloom, 1956). Dicha taxonomía permite clasificar los niveles de abstracción de las preguntas y ejercicios utilizados para evaluar el trabajo de los estudiantes.

En el ámbito del e-assessment, hay tres grandes problemas que superar. En primer lugar, el e-assessment debe ser aceptado por los educadores. Para ello, se necesita una herramienta para apoyar la elaboración y la creación de evaluaciones válidas y confiables, desde una perspectiva pedagógica (Olfos, 2007). Esto significa que se tiene que definir un mecanismo para validar si la evaluación cubre todos los objetivos de aprendizaje de un curso y satisface ciertos principios pedagógicos como los propuestos por Bolívar (2011). En segundo lugar, los sistemas de e-learning deben soportar diferentes tipos de evaluación, con diferentes niveles de complejidad y tienen que adecuarse a las diferentes etapas del proceso de enseñanza-aprendizaje. De esta manera, los sistemas de e-learning deben permitir que los educadores puedan generar y administrar evaluaciones diagnósticas, sumativas y formativas, a la vez que deben poder soportar autoevaluaciones, co-evaluaciones y hetero-evaluaciones. En tercer lugar, debe ser sólida frente al trabajo colaborativo para resolver las diferencias surgidas por la administración de información con origen multicultural y el advenimiento de entornos complejos con semántica incompatible.

## 1.6 OBJETIVOS

El objetivo general planteado en la tesis es el siguiente:

*Diseño de un marco de trabajo basado en una red de ontologías para la descripción semántica del dominio de las evaluaciones considerando también los recursos educativos y el área de conocimiento que se está evaluando, para dar soporte a la generación de evaluaciones válidas y confiables en entornos de e-learning.*

Para poder cumplir con el objetivo general planteado, se propusieron los siguientes objetivos particulares:

*Objetivo 1. Análisis del dominio de las evaluaciones en entornos de e-learning desde los puntos de vista técnico, y definición de los requerimientos del marco de trabajo en función de dicho análisis para la creación de evaluaciones válidas y confiables.*

Se realizó un estudio de las tecnologías disponibles para la generación de evaluaciones focalizando el mismo en las tecnologías semánticas. También se realizó la especificación de requerimientos para la red de ontologías.

La concreción de este objetivo particular permitió abordar el segundo objetivo particular:

*Objetivo 2. Análisis de las relaciones del dominio de las evaluaciones con otros componentes del e-Learning, tales como los materiales de enseñanza y el dominio del conocimiento que es objeto de la evaluación; y definición de los requerimientos del marco de trabajo en función de dicho análisis.*

El estudio de las relaciones entre los diferentes dominios involucrados en el trabajo permite no sólo identificar límites sino también determinar los mecanismos de interrelación entre estos. La clara separación de responsabilidades, contenido y relaciones permitieron atacar el problema en forma modular facilitando la concreción del objetivo general planteado.

*Objetivo 3. Modelado e Implementación de los principales elementos, relaciones y restricciones encontradas en el dominio de la evaluación usando una red de ontologías considerando los requerimientos definidos previamente.*

A partir de la concreción de este objetivo, se cuenta con una red de ontologías que formaliza los diferentes dominios involucrados en el diseño, desarrollo y ejecución de una evaluación en entornos de e-learning, como también se definen las relaciones entre estos dominios, teniendo una clara delimitación de los mismos, a la vez que se identifican las relaciones de interacción entre ellos.

## **1.7. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS**

Esta tesis se organiza como sigue. El capítulo 1 presenta el dominio de las evaluaciones y su importancia dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje en forma conjunta con la propuesta de trabajo. El capítulo 2 presenta una descripción detallada de las distintas tecnologías semánticas utilizadas en esta tesis. En el capítulo 3 se aborda la tarea de especificación de requerimientos para la red de ontologías y se discute los dominios que ésta abarca identificando los principales conceptos a modelar en cada uno de ellos. El capítulo 4 describe el dominio de las evaluaciones detallando las actividades realizadas para el diseño e implementación de las ontologías para este dominio. En este caso se consideraron el desarrollo de dos ontologías *Assessment* e *Instrument*, su validación e integración en la red. El capítulo 5 describe el dominio de los recursos educativos y las actividades

llevadas a cabo para la reutilización y enriquecimiento de una ontología que modela al dominio. El capítulo 6 presenta la evaluación de la red de ontologías. Para ello se utilizan herramientas de validación conocidas y se presenta la herramienta desarrollada para la verificación llevada a cabo. Finalmente el capítulo 7 presenta las conclusiones de la tesis y sus trabajos futuros

## **1.8. CONCLUSIONES**

Como se puede concluir de lo anteriormente expresado, existe una marcada evolución de la enseñanza mediada por TIC que parte de la simple logística de entrega de material a la completa administración de contenido educativo. En este contexto, el surgimiento de nuevas tendencias derivadas del auge del e-learning presenta el requerimiento de la provisión de herramientas tecnológicas que posean bases pedagógicas.

De acuerdo a esto, se presenta la necesidad de cubrir estas demandas en especial para las evaluaciones mediadas por TIC como prerrequisito de una implementación exitosa de e-learning. El objetivo final es proporcionar información para orientar, regular y mejorar el proceso educativo, ya que este es el requisito esencial para el mejoramiento de la calidad educativa en general.



## CAPÍTULO 2: TECNOLOGÍAS SEMÁNTICAS

En este capítulo se presenta el contexto de las tecnologías semánticas. Así, en la Sección 2.1 se presentan las tecnologías semánticas. En la Sección 2.2 se describen las tecnologías semánticas aplicadas a la educación. En la sección 2.3 se desarrolla el marco teórico de las ontologías. Finalmente, se presentan las conclusiones del capítulo.

### 2.1 TECNOLOGÍAS SEMÁNTICAS

Actualmente, la Web puede verse como una extensa base de conocimientos que almacena documentos. La web es un medio flexible y económico para la comunicación, el comercio y los negocios. Gracias a su facilidad de acceso, su descentralización y la facilidad que brinda para poder compartir recursos, ha presentado un crecimiento exponencial (Peñalvo, 2004). Pero, principalmente, los documentos que contiene están destinados al consumo humano (Antoniou y colab., 2008).

Entre las limitaciones detectadas en el uso de la Web, según expresa Antoniou (2008), encontramos:

- La existencia de abundante información y baja precisión. Las consultas realizadas en los buscadores devuelven generalmente gran cantidad de documentos no relacionados con el tema de búsqueda, con la consecuente dedicación del usuario al subsiguiente clasificación de la información correspondiente. En algunos casos no se obtiene ninguna respuesta o el nivel de respuesta es bajo.
- Resultados altamente dependientes del vocabulario utilizado. Esto se debe a que la información requerida se logra obtener utilizando términos diferentes a los utilizados en la búsqueda. Términos similares deberían devolver resultados similares.
- La información se encuentra diseminada en diferentes documentos, los cuales no siempre son retornados en una única consulta. Esto implica que el usuario debe realizar varias búsquedas, extraer la información relevante de cada texto y componer la respuesta a la consulta original.

En este sentido, un punto débil de la Web es la dificultad en la búsqueda de la información, los buscadores Web utilizados habitualmente basan las búsquedas en palabras claves. La manera



en que están codificadas las páginas web sólo tienen sentido para las personas, no para las máquinas.

Una alternativa de solución a estos problemas es la representación del contenido web de manera que sea fácilmente procesable por máquinas y la utilización de técnicas inteligentes para tomar ventaja de estas representaciones. Este planteo es considerado como una extensión de la web actual y se lo denomina Web Semántica. La información en la Web Semántica tiene su significado representado explícitamente, es decir, que los datos se encuentran en formatos comprensibles por máquinas, permitiendo así que computadoras y personas trabajen en cooperación (Berners Lee y colab., 2001).

La creciente Web Semántica (Berners Lee y colab., 2001) es una extensión de la actual Web en la que la información procesable por herramientas software puede coexistir y complementar a la información tratable únicamente por un humano, facilitando la cooperación entre los procesos de software y las personas (Stojanovic y colab., 2001). Se puede definir la Web semántica en forma abstracta como una World Wide Web extendida, donde el contenido sostiene su propia descripción, de manera que las aplicaciones, así como los seres humanos, puedan darle sentido y hacer uso de ésta. La Web Semántica apunta a estar constituida por datos e información que pueda ser automáticamente procesada de manera más eficiente y con la menor intervención humana, es decir, se vislumbra que la máquina “sabe” qué hacer con el contenido web que encuentra, dado que lo “entiende” y puede manejarlo automáticamente con las aplicaciones de software apropiadas.

En resumen, se puede decir que la relevancia de la Web Semántica se halla en la propuesta de nuevas técnicas y paradigmas que posibiliten representar la información y los conocimientos de una forma complemente diferente, concentrada en lograr que fácilmente se pueda localizar, compartir, integrar y recuperar los recursos a través de la Web (Díaz, 2012).

### **2.1.1. Interoperabilidad semántica**

Como consecuencia de la necesidad de integrar contenidos y entornos complejos en ambientes web, se torna imprescindible la definición de mecanismos de articulación que establezcan una conceptualización común del dominio de trabajo. Por consiguiente, la interoperabilidad se presenta como la implementación de principios para la solución a los problemas generados por el trabajo sobre infraestructuras globales, interdisciplinarias, multiculturales y enriquecidas por los medios tecnológicos. Estos problemas podrían sintetizarse como los inconvenientes surgidos al pretender compartir y reutilizar recursos de información

heterogéneos. La heterogeneidad es generada, entre otras cosas, por diferencias tecnológicas (Sheth, 1998), diferencias en hardware, diferencias en sistemas de software (ej. Sistema Operativo) o diferencias en los sistemas de comunicación. En cuanto a cuestiones específicas de la información, Sheth (Sheth, 1998) identifica diferentes niveles de heterogeneidad:

- Heterogeneidad sintáctica: Hace referencia a diferencias en aspectos de representación de datos o formatos.
- Heterogeneidad estructural: Se considera la heterogeneidad en la representación de la información que abarca las construcciones para el modelado de datos.
- Heterogeneidad semántica: Dentro de la heterogeneidad semántica se consideran aspectos del significado de los contenidos.

Cada nivel de heterogeneidad requiere la implementación de mecanismos específicos de interoperabilidad para abordar la complejidad derivada de la interacción de tecnologías de la información autónomas. Como consecuencia, según expresa Miller (Miller, 2000) se puede deducir que existen diferentes estamentos de interoperabilidad de acuerdo al tipo de heterogeneidad que resuelvan:

- Interoperabilidad técnica: Donde se consideran aspectos técnicos que implican una evolución en el desarrollo continuo de las comunicaciones, transporte, almacenamiento de datos, para facilitar la convergencia del trabajo.
- Interoperabilidad semántica: Presenta soluciones para el tratamiento del significado de la información mediante la construcción de recursos individuales semánticamente consistentes. Es objetivo de la interoperabilidad semántica, lograr que sistemas de información autónomos “comprendan” la información propuesta generada por otros medios que la reutilizan. Cada recurso utiliza diferentes términos para describir conceptos similares o utilizan términos idénticos para significar conceptos diferentes introduciendo confusión y error en su uso. Soluciones tecnológicas para la interoperabilidad semántica abarcan desde vocabularios controlados, tesauros y ontologías hasta la utilización de metadatos y estándares.
- Interoperabilidad inter-comunidad: Al mismo tiempo en que los límites entre las instituciones se desdibujan, los investigadores requieren acceso a información de origen muy diverso, dando lugar a la creciente necesidad de soluciones comunes para el beneficio

a largo plazo de los sectores involucrados que trabajan de forma interdisciplinaria y que usualmente están obstaculizados por barreras institucionales.

- Interoperabilidad internacional: Afronta aspectos derivados de la necesidad de intercambiar información de diferentes países como el idioma o la cultura.
- Interoperabilidad legal: La decisión de hacer que un determinado recurso esté ampliamente disponible para su reutilización muchas veces se contrapone a aspectos legales que no permiten la libre distribución del mismo.

Como se expresó anteriormente, la interoperabilidad es la condición mediante la cual sistemas de información heterogéneos pueden intercambiar procesos o datos. Dos sistemas de información interoperables poseen la capacidad de trabajar conjuntamente con el propósito de realizar una tarea. En este sentido, la interoperabilidad se presenta como una cualidad fundamental ya que amplía la visibilidad, la participación y el acceso a los sistemas de información. Con la utilización de soluciones tecnológicas para la interoperabilidad de la información no se precisa contar con acuerdo previo entre las instituciones que gestionan las máquinas y los sistemas de información para el intercambio y la reutilización de componentes y da lugar a la especialización del trabajo.

Para la definición de semántica de la información, Uschold (Uschold, 2003) plantea una continuidad semántica que se puede observar en la figura 2.1. Esta continuidad abarca desde la semántica implícita, que existe solo en la mente de los seres humanos que construyen aplicaciones web, hasta una semántica explícita procesable por máquinas. En el recorrido planteado por el autor encontramos:

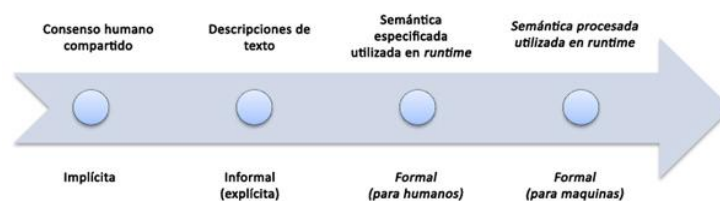


Figura 2.1. Continuidad semántica

### *Semántica implícita*

Donde el significado se construye sobre un entendimiento común derivado del consenso humano. Esta semántica posee una carga importante de ambigüedad y los costos para removerla

son altos. Como ejemplo de semántica implícita se cuenta con el uso de etiquetas XML (Roy, 2001) donde no está estipulado el significado de las mismas.

#### *Semántica informal*

En estos casos la semántica es explícita pero definida de manera informal. Las máquinas tienen pocas probabilidades de hacer uso directo de la semántica expresada informalmente, es más apropiado para humanos. Como ejemplo de semánticas informales se tienen las etiquetas HTML con significado estipulado. Con la utilización de información semánticamente informal decrece la confianza en que dos implementaciones diferentes serán consistentes y compatibles debido a que en gran medida se mantiene la ambigüedad. Por consiguiente persisten los inconvenientes cuando se requiere interoperabilidad.

#### *Semántica formal para el procesamiento humano*

Existe una semántica explícita expresada en un lenguaje formal con el objetivo de ser procesadas únicamente por humanos. Se puede entender como una especificación formal del significado de la información. Como ejemplo se pueden presentar definiciones ontológicas creadas sin la expectativa de ser utilizadas para la inferencia automática sino para comunicar el significado pretendido a las personas.

#### *Semántica formal para el procesamiento por máquinas*

La semántica formal para el procesamiento por máquinas refiere a los casos en que se utilizan semánticas explícitas, especificadas formalmente para el procesamiento por máquinas. Cuando se encuentran nuevos términos es posible la inferencia automática de su significado y de cómo usarlos.

En el tratamiento de la interoperabilidad semántica es donde se encuentra el menor progreso y es donde se debe hacer mayor énfasis ya que existen requerimientos de información de alto nivel sensible al contexto sobre recursos de información heterogéneos. Esto genera, como se expresó anteriormente, conceptualizaciones incompatibles, manipulación de terminología diferente en cuanto a su significado o diferencias en estilos de modelado de la información.

En el dominio de la Web Semántica, según expresa Sheth (Sheth, 2005), se encuentra semántica implícita o no representada explícitamente en sintaxis procesable por máquina, en escenarios donde, por ejemplo, un documento contiene hipervínculos con otro documento con una asociación semántica probable que relaciona ambos documentos. También en la clase de semántica

que se encuentra en dos documentos que pertenecen a categorías “hermanas” en una categoría de conceptos. Otro ejemplo aparece en la clasificación automática de un documento donde en forma amplia se aclara de qué se trata con respecto a una taxonomía dada. En cambio, encontramos semántica formal, donde las sentencias o los hechos se expresan sintácticamente de forma de permitir la comunicación entre máquinas de manera de eliminar la ambigüedad propia del lenguaje humano.

Por consiguiente, el autor propone el traslado a través de la continuidad semántica propuesta desde semánticas implícitas hasta semánticas formales procesables por máquinas de manera de reducir la ambigüedad en la conceptualización de la información, en el tratamiento de los términos, así como en las diferencias en estilos de modelado. De esta manera se podrá inferir que el tratamiento de la información en sistemas autónomos es compatible.

### **2.1.2. Metadatos**

Una primera aproximación a la interoperabilidad semántica es la utilización de metadatos. Etimológicamente, los metadatos son datos que describen datos y ayudan a clasificarlos. Los metadatos contienen información de cómo los datos están almacenados, de cómo se administran y revelar parcialmente su semántica (Sheth, 1998) a través de la descripción de su intención de uso.

Los metadatos describen diferentes cualidades sobre un contenido, pero la división entre el contenido específico o esencial y los metadatos no siempre es muy clara y depende del contexto (Jokela, 2001). Los elementos que pueden ser metadatos para un propósito, pueden ser considerados como parte del contenido para otro.

Sheth (Sheth, 1998) clasifica los metadatos según su relación con el contenido de la información, de la siguiente manera:

*Metadatos independientes del contenido:*

Este tipo de metadatos captura información que no depende del contenido del dato con el que está asociado. Este tipo de metadatos es útil para la recuperación de información. Ejemplo de este tipo de metadatos son ubicación, fecha de modificación de un documento o tipo de sensor utilizado para capturar una imagen fotográfica.

*Metadatos dependientes del contenido:*

En este tipo de metadatos depende del contenido del elemento al que está asociado. Ejemplo de este tipo de metadatos puede ser el tamaño de un documento, cantidad máxima de

colores, cantidad de filas, cantidad de columnas de una imagen. Estos metadatos pueden ser subdivididos en:

*Metadatos basados en el contenido:*

Este tipo de metadatos está directamente basado en el contenido de un elemento. Ejemplo de este tipo de metadatos son los índices de un documento.

*Metadatos descriptivos del contenido*

Este tipo de metadatos describe el contenido de un elemento sin su utilización directa. Normalmente involucran la utilización de conocimiento o la percepción humana. Ejemplo de este tipo de metadatos es la denotación de una fragancia de una flor.

*Metadatos independientes del dominio*

Este tipo de metadatos captura información presente en un documento independiente de la aplicación o tema dominio de la información. Ejemplo de este tipo de metadatos son las definiciones en los documentos HTML.

*Metadatos específicos del dominio*

Los metadatos de este tipo se describen de una forma específica a la aplicación o tema del dominio de la información. Las ediciones de vocabulario son muy importantes en este caso ya que los términos deben seleccionarse de manera fuertemente asociada al dominio. Ejemplo de este tipo de metadatos son el relevamiento, o población en el dominio del censo.

Existen otras clasificaciones sobre metadatos descriptas por Jokela (Jokela, 2001) basados en el nivel de granularidad con que describen un contenido. De acuerdo a este criterio, algunos metadatos describen características del contenido en general (por ejemplo longitud de un texto) mientras otros describen parte del mismo (por ejemplo palabras clave de comienzo de párrafo). Los metadatos pueden estar insertos en el contenido que describen (metadatos implícitos o fuertemente acoplados) o presentarse, almacenarse y transmitirse en forma separada del contenido (metadatos explícitos o con bajo acoplamiento). También pueden encontrarse metadatos esenciales si el contenido que describen no puede utilizarse sin la utilización del metadato. Ejemplo de este caso podría ser la información acerca de la compresión del contenido.

Jokela introduce un conjunto de características deseables para los metadatos semánticos (Jokela, 2001) que incluyen expresividad, extensibilidad, neutralidad, inmutabilidad, compactación, alto valor, uniformidad, desenvoltura, versionado e identificación única. Dentro de las

características principales, la expresividad es una característica imprescindible para un metadato, como para cubrir todas las necesidades. Al mismo tiempo, un metadato debe ser extensible de manera de prever evoluciones o cambios en el contenido que describe y poder cumplir con futuros requerimientos. Esta cualidad es esencial en dominios de trabajos abiertos y dinámicos donde los cambios son frecuentes y no anticipados. Por otro lado, la neutralidad de los metadatos hace referencia a la capacidad de funcionar en diferentes medios y plataformas, es decir, hace un importante aporte a la reutilización de la información.

Debido a que la búsqueda de información relevante en la Web se ha convertido en un problema cada vez mayor debido al crecimiento explosivo de los recursos de la red, un taller celebrado en marzo de 1995 reunió a bibliotecarios, investigadores sobre bibliotecas digitales y especialistas en texto de marcado para abordar esta problemática. Las actividades desarrolladas en el taller se conocen colectivamente como Dublin Core Metadata Workshop Series y entre los objetivos que motivaron el esfuerzo estuvieron la simplicidad de creación y mantenimiento de recursos, la semántica como entendimiento común, la conformidad con las normas existentes y emergentes, la proyección internacional y aplicabilidad, la extensibilidad y la interoperabilidad entre las colecciones y los sistemas de indexación (Webel y colab., 1998).

Dentro de la gran variedad de estándares que utilizan las diferentes comunidades web para la descripción de sus recursos, Dublin Core (DC) ha resultado ser el más citado, aceptado y utilizado en una amplia y creciente variedad de proyectos. Dublin Core tiene como objetivo, definir un conjunto básico de atributos que sirvan para describir todos los recursos existentes en la Web, para colaborar con los motores de búsqueda en la recuperación global de información en la red. Para cumplir con su objetivo, Dublin Core define un conjunto de quince elementos que pueden modificarse y ampliarse debido a su flexibilidad. Esto permite que los diseñadores de páginas Web puedan codificar y describir sus documentos en el momento de generarlos (Webel y colab., 1998).

## **2.2. TECNOLOGÍAS SEMÁNTICAS APLICADAS A LA EDUCACIÓN**

Para alcanzar el objetivo de la cooperación entre universidades o instituciones de capacitación, tomando ventaja de la reutilización de recursos educativos es necesario abordar primeramente el tema de la interoperabilidad en educación, ya que se plantea un escenario de trabajo donde las fuentes de información son de orígenes diversos y, por consiguiente, los datos tienen tecnologías, estructuras, formatos y conceptualizaciones diferentes. Esta generación de información distribuida, autónoma, diversa y dinámica (Ouksel y colab., 1999), plantea la necesidad

de soluciones tecnológicas acordes a este desafío. En ambientes heterogéneos surgidos del intercambio de información entre instituciones educativas, la interoperabilidad se presenta como la capacidad para alcanzar los objetivos de reutilización de materiales educativos generados en forma independiente por mecanismos diversos.

En este contexto tecnológico, la posibilidad de contar con una plataforma LMS integrada a la Web Semántica, puede facilitar el intercambio y la cooperación entre universidades, fomentar el intercambio de docentes y promover la educación a distancia. La fácil portabilidad de materiales debido al uso de las TIC, simplifica el proceso de intercambio del contenido desde la institución de origen a la institución destino.

En este contexto de cooperación entre instituciones educativas, se puede asumir que para lograr la interoperabilidad se debe incorporar soluciones adecuadas (Miller, 2000) para asegurar que los sistemas, procedimientos y cultura de una institución se administran de manera de maximizar las oportunidades de intercambio y reutilización de la información. De esta manera, entre los beneficios que las tecnologías semánticas pueden representar para la educación, se cuentan los beneficios de integración, ya que la Web Semántica puede colaborar con la conformación de una plataforma uniforme para el procesamiento y organización de los negocios. Las actividades de e-learning pueden ser integradas a estos procesos y esta solución puede ser particularmente valorada por compañías comerciales (Antonioni y colab., 2003). En forma paralela, se puede contar con el acceso flexible al conocimiento por parte del alumno, en el orden determinado por él mismo, de acuerdo a sus intereses y necesidades. Los materiales de estudio pueden ser obtenidos dentro de un contexto determinado de la problemática determinado por el alumno.

### **2.2.1. Objetos de Aprendizaje**

Investigaciones sobre estándares para la formalización de metadatos para material educativo emergen y evolucionan constantemente pero en gran medida convergen en la definición de Objetos de Aprendizaje (OA) (Scorm, 2003) para colaborar en la optimización de los procesos involucrados en la creación de materiales, principalmente destinados a desarrolladores de contenidos educativos y diseñadores de materiales de enseñanza. De esta manera, el laboratorio de Arquitectura en Sistemas de Enseñanza de Carnegie Mellon provee un proceso sistemático para la utilización de Objetos de Aprendizaje. Un OA se define como una colección de elementos que se



agrupan constituyendo una parte independiente y definida del material educativo. Un objeto de aprendizaje es la menor unidad lógica de instrucción que se puede entregar y supervisar a través de un LMS.

Existen diversas definiciones de OA. La IEEE (IEEE, 2002) define a un objeto de aprendizaje como “cualquier entidad, digital o no digital, que puede ser usada para el aprendizaje, la educación o el entrenamiento”. Wiley (Wiley, 2000) establece que un OA es “un recurso digital que puede ser reutilizado para ayudar en el aprendizaje”. Chiappe (Chiappe y colab., 2007) lo define como una “entidad digital, autocontenible y reutilizable, con un claro propósito educativo, constituido por al menos tres componentes internos editables: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. A manera de complemento, los objetos de aprendizaje han de tener una estructura externa de información que facilite su identificación, almacenamiento y recuperación, esta estructura interna corresponde a los metadatos. Por su parte, Mason (Mason y colab., 2003) expresa que un Objeto de Aprendizaje es “una pieza digital de material de aprendizaje que direcciona a un tema claramente identificable o salida de aprendizaje y que tiene el potencial de ser reutilizado en diferentes contextos”.

Según expresa Astudillo (Astudillo, 2011), un OA debe reunir diferentes características entre las que se encuentra la reusabilidad, es decir, un OA se encuentra disponible para cualquier situación en la que se necesite transmitir un conocimiento; la portabilidad para que sean utilizados en diferentes sistemas de aprendizaje; deben ser fácilmente accesibles; deben contener la información o descripción necesarias para que puedan ser localizados y deben ser flexibles y modificables de manera que a partir de ellos se pueda generar un OA nuevo.

Chiappe (Chiappe y colab., 2007) expresa que con toda esta revolución tecnológica se busca que el conocimiento llegue a todos, sea de todos y todos puedan generar a partir de un conocimiento un nuevo conocimiento, por lo que los OA deben ser modulares e interoperables.

De lo expuesto se desprende la importancia de los OA en el ámbito educativo, la palabra reusabilidad implica mucho más que volver a utilizar, implica transferencia de conocimiento. Según las características que posea, dependerá la adaptabilidad a diferentes contextos, la posibilidad de identificarse y el control que se puede ejercer sobre ellos estará sobre la base de la información que brindan los metadatos (Astudillo, 2011).

Algunos estándares apuntan a la conformación de OA estructurados, conteniendo una introducción, un objetivo que se pretende lograr, contenido organizados en forma de unidades

temáticas; conteniendo actividades extras que sirvan de refuerzos a las ya dadas, siempre basadas en los contenidos tratados, un punto a considerar y de gran utilidad es dar recordatorios de las ideas claves vistas, así como también de información complementaria y una evaluación, de manera de comprobar o corroborar que se han alcanzado los objetivos planteados y para lo cual fueron creados (Naharro y colab., 2007), (Rubio, 2003).

Si cada OA está bien definido y caracterizado se podrá lograr que los cursos de los sistemas de e-learning se puedan crear por agregación de OA. Esto se logra con la aplicación del conjunto de especificaciones y estándares de e-learning. La idea se basa en normar todos los procesos de su creación de manera que los OAs puedan ser gestionados, indexados y clasificados eficientemente, ya que uno de los principales desafíos de este tipo de sistemas de enseñanza radica en la estandarización y reutilización de los contenidos vertidos en ellos (Rubio, 2003), (Astudillo, 2011) de manera de asegurar la portabilidad de éstos (Chiappe y colab., 2007)(Astudillo, 2011). La correcta representación permitiría la selección de material apropiado frente a numerosos recursos en un determinado dominio. Esto conduce a la utilización de técnicas de metadatos semánticos que emplean ontologías para la generación de semánticas específicas en el dominio (Al- Khalifa y colab., 2007).

Para el desarrollo de esta tesis se asume la definición dada por Wiley, es decir, se define como OA a cualquier recurso o material educativo digital.

### **2.2.2. Repositorios Institucionales de Acceso Abierto**

En la era de las redes y tecnologías de la información, favorecer la comunicación abierta de los resultados de la investigación científica y de la producción académica de las universidades se ha convertido en un compromiso de científicos, instituciones, docentes, bibliotecarios y otros administradores de la información. La nueva situación requiere plantear políticas y mecanismos de comunicación diferentes, en los que los flujos de difusión sean más rápidos y eficaces. Ésta situación es ya una realidad en aquellas áreas científicas emergentes, donde la necesidad de comunicar en un tiempo reducido forma parte de la razón de ser de la investigación.

En este contexto, el movimiento para el Acceso Abierto ha desarrollado en muy poco tiempo un alto nivel de madurez en la renovación de los modelos de comunicación científica y el

planteamiento de alternativas sostenibles a los modelos existentes. Acceso Abierto es el término utilizado para describir la libre y permanente disponibilidad en Internet de la producción científica y académica, permitiendo a cualquier usuario su lectura, descarga, copia, impresión, distribución o cualquier otro uso legal de la misma, sin ninguna barrera financiera, técnica o de cualquier tipo, reservando a los autores el control sobre la integridad de sus trabajos y el derecho de ser adecuadamente reconocidos y citados.

Un aspecto fundamental más que plantea el movimiento para el acceso abierto es que los documentos deben estar depositados en un repositorio que permita la interoperabilidad en base al cumplimiento de una serie de protocolos para que proveedores de servicios y motores de búsqueda puedan recolectar los metadatos de estos repositorios, creando así las condiciones para que los productos de la investigación estén universalmente disponibles.

Por este motivo, los repositorios digitales y las revistas de Acceso Abierto constituyen una alternativa de creciente importancia para la comunicación pública de documentos científicos y académicos, que aprovechan las posibilidades que ofrece Internet para la difusión del conocimiento más allá de las restricciones marcadas por los intereses comerciales.

La idea del Acceso Abierto conlleva profundas reflexiones en diversos ámbitos, como son los relativos a la calidad, visibilidad e impacto de los resultados de la investigación, la gestión de los derechos de autor, la garantía de preservación digital y la viabilidad comercial.

En este contexto se plantea la necesidad contar con una sociedad del conocimiento libre y plural, de fomentar el libre acceso, la reutilización, la visibilidad y la preservación de la propiedad intelectual universitaria en todas sus dimensiones.

Un repositorio de OA es un lugar donde se almacenan o guardan los materiales de enseñanza, adicionalmente, estos repositorios brindan herramientas que permiten la localización de materiales almacenados. Hay en el mercado diferentes organizaciones dedicadas al desarrollo y mantenimiento de repositorios para OA. Existen diversos repositorios de software libre, entre los cuales podemos mencionar: Desire, Merlot, Dspace, entre otros (Soto y colab., 2009).

### **2.2.3. Metadatos en el Dominio de la Educación**

Deben existir importantes acuerdos en el momento de definir metadatos. Primero en su formato, gramática y métodos (Jokela, 2001) para hacer que los metadatos sean compatibles para que las organizaciones e instituciones puedan acceder y utilizarlos en sus actividades. Segundo, en cuanto a la interpretación semántica de los metadatos que conforman su vocabulario para que el

contenido pueda ser procesado inteligentemente. Estos requerimientos derivan en la necesidad de estandarizar la utilización de metadatos. La inclusión de estándares en este proceso formaliza la definición de los metadatos mediante el desarrollo de componentes de aprendizaje reusables, capturando sus características con descripciones de metadatos ampliamente aceptadas (Angelova y colab., 2004). Las descripciones estandarizadas permiten más aproximación a la adaptabilidad.

Diversas organizaciones trabajan en la producción de especificaciones de metadatos para la construcción de OA para mejorar la eficiencia, eficacia y reusabilidad del contenido de aprendizaje (Silveira y colab., 2004). Organizaciones como IMS Global Learning Consortium y la IEEE llevan a cabo líneas de investigación y desarrollo para la obtención de estándares y recomendaciones orientadas a resolver la problemática derivada de la heterogeneidad en este dominio (Santos, 2004) y han contribuido en forma significativa en la definición de estándares de metadatos para la localización de objetos y su recuperación.

Por lo tanto, una instancia de metadatos para un objeto de aprendizaje describe características relevantes del objeto al cual se aplican, con el propósito de facilitar las búsquedas, evaluación, adquisición, intercambio y uso de objetos de aprendizaje por parte de los profesores, alumnos o de procesos automáticos de software (IEEE, 2002). Los metadatos para educación son metadatos semánticos (Pöyry, 2002) pero un esquema de metadatos de este tipo debe incluir también como mínimo un conjunto de metadatos estructurales para describir el objeto educativo en forma eficiente.

La IEEE Computer Society<sup>6</sup> define un estándar estructurado para la descripción de materiales enseñanza donde especifica en detalle los elementos o metadatos necesarios para describir un OA. Sus elementos proveen una forma de desarrollo de descripciones comprehensiva y provee soporte para servicios de usuario (McClelland, 2003). El estándar organiza los elementos en nueve categorías: *general, life cycle, meta-metadata, technical, educational, rights, relation, annotation* y *classification*. Los elementos son opcionales, no hay campos requeridos ni catalogación mínima.

Si por un lado tenemos libre acceso a los materiales de enseñanza y, a su vez los recursos están descritos en forma apropiada, todo redundará en el beneficio de fácil acceso a los contenidos educativos existentes, con la posibilidad de mejorarlos agregándoles contenido o adaptándolos de

---

<sup>6</sup> [www.ieee.org](http://www.ieee.org)

acuerdo a las necesidades de una propuesta particular (Marrero et al., 2008), (Guàrdia Ortiz et al., 2005), (Astudillo, 2011).

Los metadatos para educación pueden describir cualquier clase de material (Pöyry y colab., 2002). Si se toma como ejemplo un curso, se podrían describir las características principales del curso, los contenidos, grupos especiales a los que va dirigido y los requerimientos técnicos necesarios para su desarrollo. Pueden ser utilizados por profesionales de la pedagogía y por instituciones educativas ya que ayudan a proveer información adecuada y conveniente acerca de sus propuestas de estudio. De la misma manera ayudan a alumnos en la búsqueda de información valiosa para su proceso de aprendizaje.

Los estándares Dublin Core y IEEE LOM facilitan la reutilización de los recursos educativos. Existen mecanismos de conversión entre Dublin Core y IEEE LOM. Sin embargo, al agregar datos de diferentes repositorios es más fácil si usan los mismos vocabularios controlados o si el mapeo entre ambos vocabularios es conocido (McClelland, 2003). Por ejemplo, algunos datos pueden perderse en la traducción de LOM a Dublin Core, dado que éste último es más simple. DC no refleja algunos de los elementos de LOM y muchas veces el mapeo no está bien definido. Actualmente los vocabularios controlados continúan su evolución en la medida en que los usuarios y desarrolladores ganan experiencia con éstos estándares.

### **2.3. ONTOLOGÍAS**

En escenarios de trabajo complejos basados en la necesidad de procesamiento de información con semántica evolutiva, se hacen necesarios mecanismos y herramientas que colaboren en el proceso. En el área educación en entornos distribuidos, las representaciones ontológicas juegan un importante papel como soporte de modelos semánticos sólidos que cubren nuevos requisitos relacionados con los procesos automatizados tales como la búsqueda, recuperación o composición de nuevos materiales didácticos. Esto implica definir los términos involucrados, teniendo en cuenta los sinónimos, las variaciones morfológicas, abreviaciones, relaciones y el contexto de los mismos. Esta base común puede establecerse a través de la utilización de soluciones que faciliten la navegación por el contenido educativo y que permitan la interoperabilidad semántica de la información a través de una especificación formal y explícita de una conceptualización común (Uschold, 2003). Las ontologías son apropiadas para definir

explícitamente (Stutt, 2004) qué se entiende que existe en este dominio (Milard y colab., 2005) y cómo cada componente se relaciona con los demás componentes.

Una primera aproximación al concepto ontología indica que es una herramienta tecnológica que define vocabularios en un dominio determinado. Este vocabulario definido, se presenta de tal manera que puede ser comprendido por grupos o comunidades de personas o por procesos automáticos de software. La especificación del dominio posee la suficiente precisión como para permitir diferenciar términos y referenciarlos de manera precisa y unívoca.

Se han dado diferentes definiciones para las ontologías entre las que podemos citar:

Neches (Neches y colab., 1991) expresa que una ontología define los términos y relaciones básicos que comprenden el vocabulario de un área así como las reglas que combinan términos y relaciones para definir extensiones del vocabulario.

Gruber (Gruber, 1993) expresa que una ontología es una especificación explícita de una conceptualización.

Borst (Borst, 1997) define a una ontología como una especificación formal de una conceptualización compartida.

Una ontología proporciona una definición explícita de la conceptualización compartida de un cierto dominio (Gómez Pérez y colab., 2004).

Una ontología puede tomar una variedad de formas, pero será necesario incluir un vocabulario de términos y algunas especificaciones sobre su significado (Uschold, 2003). Esto incluye definiciones y una indicación de cómo se interrelacionan los conceptos, lo que colectivamente impone una estructura en el dominio y restringe la posible interpretación de los términos.

Las ontologías apuntan a capturar conocimiento consensuado de un modo genérico, para que este pueda ser reusado y compartido a través de aplicaciones de software y por grupos de personas. Esta concepción implica, por un lado, la posibilidad de reutilizar componentes, es decir, construir nuevas aplicaciones a partir de componentes existentes. En segundo lugar, la posibilidad de compartir, es decir, la posibilidad de utilizar un mismo componente por un recurso diferente. Las ontologías usualmente se construyen en forma cooperativa por diferentes grupos de personas en diferentes ubicaciones espaciales o geográficas.

Desde una perspectiva pragmática, una ontología se puede definir como un artefacto de representación basado en cuatro tipos de componentes de modelado (Gómez-Pérez y colab., 2004):

### *Relaciones*

Las relaciones representan un tipo de asociación entre conceptos de un dominio, es decir, especifica la interacción entre los conceptos.

### *Propiedades*

Las propiedades representan atributos que describen un objeto. Las especificaciones, restricciones y rangos se denominan facetas.

### *Instancias*

Las instancias representan miembros de una clase, concepto u objetos indivisibles.

### *Restricciones*

Es posible utilizar axiomas y reglas para inferir nueva información. Los axiomas son oraciones lógicas siempre verdaderas que expresan las propiedades del modelo de paradigma. Las reglas son las oraciones lógicas que expresan características del dominio, es decir, las reglas de negocio. Los axiomas representan conocimiento que no puede ser formalmente definido por los otros componentes y se utilizan para verificar la consistencia del conocimiento almacenada en una base de conocimiento.

Entonces, una ontología es una 6-tupla de conceptos, relaciones, jerarquía, una función que relaciona conceptos de manera no taxonómicas, un conjunto de axiomas y un conjunto de reglas, lo que formalmente puede expresarse de la siguiente manera (Maedche, 2002):

$O = \{C, R, H, rel, A, DR\}$  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 directa  $H \subseteq C \times C$  la cual se denomina jerarquía de conceptos o taxonomía. Por lo tanto,  $H(C1, C2)$  significa  $C1$  es un subconcepto de  $C2$ .
- Una función  $rel: R \rightarrow C \times C$  que relaciona los conceptos de manera no taxonómica.
- Un conjunto de axiomas ( $A$ ) que son sentencias lógicas que son siempre verdaderas, y expresan las propiedades del modelo, expresadas en un lenguaje lógico apropiado

- Un conjunto de reglas de derivación (DR) que modelan reglas acerca del dominio de discurso, expresadas en un lenguaje lógico apropiado. Toda DR es una cláusula del tipo cláusula de Horn con la estructura  $p_1(x_1) \wedge \dots \wedge p_n(x_n) \rightarrow q(y)$

### 2.3.1. Categorización de las Ontologías

Partiendo de la definición de ontologías expresada anteriormente como la especialización de una conceptualización, es decir, del significado de un término, existen diferentes interpretaciones de lo que una ontología puede comprender.

Según Mc Guinness (Mc Guinness y colab., 2001) las ontologías pueden ser vistas como un espectro en el detalle de su especificación. Este espectro se puede visualizar en la figura 2.2. Según este enfoque, las ontologías se pueden categorizar de acuerdo a la información que necesita expresar, el sujeto de la conceptualización y a la riqueza de su estructura interna.

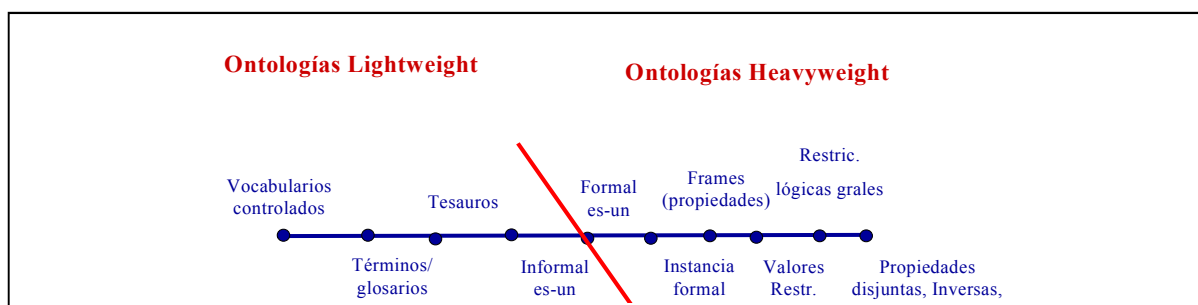


Figura 2.2. Categorización de ontologías (Mc Guinness, 2001)

Una primera aproximación al espectro, la noción más simple de ontología, puede ser un vocabulario controlado como por ejemplo una lista de términos o un catálogo. Otra posible especificación es un glosario, es decir, una lista de términos y su significado descrito en lenguaje natural. Estas descripciones, en general, si bien dan idea de semántica, están cargadas de ambigüedad y no son procesables por máquinas.

Los tesauros proveen semántica adicional al especificar la relación entre los términos, por ejemplo en relaciones de sinonimia. En la mayoría de los casos los tesauros no establecen una relación jerárquica explícita entre términos. Algunos autores prefieren considerar como necesaria la especificación de relaciones jerárquicas para considerar una ontología, pero otros autores no.

De todos los conceptos presentados en este apartado, las taxonomías son la parte central de la mayoría de los modelos conceptuales. Las taxonomías estructuradas en forma correcta ayudan



a dar un orden sustancial a los elementos del modelo y son útiles para presentar vistas limitadas de un modelo para interpretaciones humanas y juegan un rol crítico en tareas de reutilización e integración (Welty y colab., 2001).

El siguiente punto en el espectro lo conforman las definiciones con definición jerárquica estricta, donde si A es subclase de B, cualquier elemento o instancia de A es instancia de B (Mc Guinness, 2003). En el siguiente paso, las definiciones jerárquicas incluyen la descripción de propiedades. Las propiedades se describen en una clase general y se heredan en las subclases de esa clase. Puntos más expresivos en el espectro incluyen restricciones de valor, restricciones lógicas generales y restricciones lógicas específicas como el caso de clases disjuntas.

En la línea semántica del espectro se puede diferenciar (Gómez-Pérez y colab., 2004) las ontologías lightweight que comprenden la identificación y definición de conceptos, relaciones jerárquicas entre los mismos y las ontologías heavyweight que modelan un dominio de manera más profunda agregando restricciones y formalismos más estrictos a las anteriores.

### 2.3.2. Clasificación de Ontologías

Según Gómez-Pérez (Gómez-Pérez y colab., 2004) de acuerdo al sujeto de la conceptualización, se puede hablar de diferentes tipos de ontologías:

#### *Ontologías de representación del conocimiento*

Capturan las primitivas de representación utilizadas para formalizar el conocimiento bajo un paradigma de representación del conocimiento dado. Capturan convenciones KR (Clases, relaciones, atributos, etc.). Ejemplo de este tipo de ontologías es el lenguaje OWL creado por W3C Web Ontology (WebOnt) Working Group<sup>7</sup>.

#### *Ontologías generales*

Utilizadas para representar conocimiento sobre “sentido común” reutilizable en diferentes dominios. Ejemplo de este tipo de ontologías es “The mereology ontology” (Borst, 1997), en la cual se representan cosas, eventos, tiempo, espacio, comportamiento, etc. Esta ontología define la relación part-of, estableciéndose las propiedades que cualquier descomposición debe exhibir.

#### *Ontologías de alto nivel*

---

<sup>7</sup> <http://www.w3.org>

Describen conceptos generales y proveen nociones generales bajo las cuales todos los elementos raíz de las ontologías existentes deberían vincularse. Alcanzan diversos dominios. Ejemplos de este tipo de ontologías son SUMO Standard Upper Ontology Working Group (SUO WG)<sup>8</sup> y CYC Upper Ontology Cycorp<sup>9</sup>.

#### *Ontologías Lingüísticas*

Describen constructores semánticos antes que modelar un dominio específico. Ofrecen una gran cantidad de recursos heterogéneos y se utilizan mayormente en el procesamiento de lenguaje natural. Las ontologías son limitadas a la semántica de unidades gramaticales. Estas conceptualizaciones utilizan palabras como unidades gramaticales (mapeo de palabras en lenguaje natural y conceptos) y difieren en el grado de dependencia del lenguaje. Algunas son consideradas top-level por contener conceptos abstractos. Ejemplos de estas ontologías son WordNet<sup>10</sup> y EuroWordNet<sup>11</sup>.

#### *Ontologías de dominio*

Son ontologías reutilizables en un dominio específico (médico, farmacéutico, ingenieril, legal, empresarial, etc.). Proveen vocabularios acerca de conceptos en un dominio, con sus relaciones, actividades, teorías y principios elementales. Existe un límite claro entre ontologías de nivel superior y de dominio. Ejemplos de ontologías de dominio son ontologías en e-commerce, ontologías médicas, ontologías de empresas, ontologías para ingeniería.

### **2.3.3. Redes de ontologías**

Una red de ontologías es una colección de ontologías individuales interconectadas relacionadas mediante una variedad de meta-relaciones (Haase y colab. 2007). En una red de ontologías las meta-relaciones que se definen entre las ontologías que conforman la red se expresan explícitamente. Hay algunos modelos que cubren tanto los aspectos sintácticos y semánticos de las relaciones de la ontología en red (Díaz A. y colab., 2012):

Como ejemplos de estas meta-relaciones podemos mencionar (Díaz y colab., 2011):

- isTheSchemaFor: Esta relación mantiene el vínculo ente un modelo y su metamodelo.

---

<sup>8</sup> <http://suo.ieee.org/>

<sup>9</sup> <http://www.cyc.com>

<sup>10</sup> <http://wordnet.princeton.edu/>

<sup>11</sup> <http://www.illc.uva.nl/EuroWordNet/>

- `isAConservativeExtensionOf`: Esta relación describe una extensión de una dada ontología por un número de axiomas adicionales, los cuales describen lo que no ha sido cubierto todavía por la ontología existente.
- `mappingSimilarTo`: Una ontología  $O$  está relacionada con una ontología  $O'$  si existe una alineación de  $O$  a  $O'$  y esta alineación cubre una parte del vocabulario de  $O$ .
- `usesSymbolsOf`: Esta relación se presenta cuando las propiedades de una ontología  $O$  involucra involucra individuos de otra ontología  $O'$ , en un sentido que  $O$  define algunas propiedades que toman valor en individuos que están clasificados por clases de  $O'$ . Esta relación vincula a las ontologías de un modo que abstrae de la ontología particular  $O'$  a ser importada y se focaliza en los símbolos de  $O'$  que van a ser reutilizados.

En DOOR (Descriptive Ontology of Ontology Relations) las relaciones generales entre ontologías se definieron mediante el uso de primitivas y reglas ontológicas (Allocca y colab., 2009):

- `includedIn`: Esta es una de las relaciones principales. Su significado es que una ontología contiene a otra ontología.
- `EquivalentTo`: Esta relación significa que dos ontologías expresan el mismo significado.
- `SimilarTo`: Esta relación especifica cuán cerca están una ontología de otra, es decir, cómo una ontología cubre partes de la misma área de interés de otra ontología.
- `Versioning`: Es una relación que establece la evolución de una ontología. Expresa la habilidad de manejar los cambios mediante la creación y el mapeo de diferentes variantes de la misma.

La diferencia que existe entre ontologías interconectadas y redes de ontologías es que  $N$  ontologías individuales relacionadas entre sí mediante relaciones dependientes del dominio entre conceptos incluidos en dichas ontologías se considera como un conjunto de ontologías individuales interconectadas. Mientras que en una red de ontologías, las ontologías están relacionadas a través de meta-relaciones explícitas independientes del dominio (Suárez-Figueroa, 2008).

La principal ventaja de usar una red de ontologías es la conceptualización de un dominio dado de forma modular donde cada ontología conceptualiza un dominio específico y desempeña un papel particular. Cada módulo es lo suficientemente pequeño para ser comprensible por cualquier persona y su mantenimiento y gestión es fácil. Además, varios diseñadores de ontología tienen la posibilidad de trabajar en diferentes ontologías pertenecientes a la red al mismo tiempo.

### 2.3.4 Buenas prácticas para el desarrollo de una ontología

Existen diversas propuestas que contienen buenas prácticas de diseño para tener en cuenta al momento de desarrollar una ontología. Poveda y colab. (2012) presentan un catálogo de errores comunes entre los que podemos encontrar:

- Crear sinónimos como clases. Determinar clases equivalentes en vez de especificar sinonimia. Dos términos sinónimos refieren a la misma clase, no a clases diferentes aunque sean equivalentes. Dos términos sinónimos serían “Auto” y “Automóvil”.
- Utilizar la relación “es” en vez de utilizar elementos propios o primitivos de lenguajes semánticos como "rdfs:subClassOf" que expresa subclase, "rdf:type" que expresa membresía o "owl:sameAs" que expresa igualdad entre instancias.
- Creación de elementos no conectados. Los elementos de la ontología están creados sin conexión con los elementos restantes de la ontología quedando miembros aislados. Un ejemplo de este caso es la definición de la clase “IntegranteEquipo” y no contar en la ontología con la clase “Equipo”.
- Definición de relaciones inversas erróneas. Relaciones definidas como inversas cuando no necesariamente son inversas. Por ejemplo si algo se compra, “esComprado” no sería una relación inversa correcta.
- Mezclado de diferentes conceptos en la misma clase. En este caso se crea una clase cuyo identificador hace referencia a dos o más conceptos. Un ejemplo de este error es el identificador “ProductosyServicios”.
- Falta de anotaciones. En este caso los términos de la ontología carecen de atributos. Esta clase de propiedades facilitan la comprensión de la ontología y su usabilidad desde el punto de vista del usuario.
- Falta de disjunción. En este caso, a la ontología le falta la definición de axiomas de disjunción entre clases o entre propiedades que deberían ser definidas como disjuntas. Por ejemplo, se pueden crear las clases “par” e “impar” sin que sean disjuntas, pero esta representación no es correcta basado en la definición de este tipo de números.

En el trabajo mencionado se presenta la herramienta OOPS!<sup>12</sup> que colabora con la detección de los errores catalogados en las ontologías desarrolladas.

### 2.3.5. Metodologías para el Desarrollo de Ontologías

Existen diversas metodologías para el desarrollo de ontologías. Sobre la base de la experiencia obtenida en el desarrollo de ontologías de empresas (Gómez-Pérez y colab., 2004) se generalizaron los pasos necesarios para la tarea. Como ejemplo de este proceso se conformó el método de Uschold y King (1995) y las actividades para el proyecto TOVE (Toronto Virtual Enterprise) de Grüninger y Fox (1995) y su versión refinada (1996).

En el dominio de redes eléctricas se presentó un método para construir ontologías denominado método KACTUS propuesto por Bernaras y col. (1996). En simultáneo se presentó el método presentado por Gómez-Pérez y col. (1996) y posteriormente refinado y extendido. También se propuso el método SENSUS propuesto por Swartout y col. (1997). Posteriormente Staab (2001) presentó el método On-To-Knowledge como resultado de las actividades realizadas como parte de un proyecto con el mismo nombre.

Existen otras metodologías propuestas para el mapeo de ontologías donde se establecen vínculos entre ontologías, preservando las ontologías originales, y metodologías para el mezclado de ontologías con el objeto de generar una nueva ontología.

#### *Metodología Grüninger y Fox*

La metodología denominada de Grüninger y Fox detallada por Gómez-Pérez y col. (Gómez-Pérez y colab., 2004) propone identificar los escenarios principales donde la ontología tendrá su aplicación. Luego se identifican un conjunto de preguntas de competencia en lenguaje natural que serán respondidas por la ontología una vez que esté expresada en lenguaje formal. Las preguntas de competencia, con sus repuestas, se utilizan para extraer los términos principales del dominio, sus propiedades y relaciones y juegan el rol de un tipo de especificación de requerimientos con la que la ontología podrá ser evaluada una vez implementada. Posteriormente, el conocimiento se expresa formalmente en lógica de primer orden.

Los primeros pasos para la construcción de una ontología según esta metodología, los describe Fernández López (Fernández López, 1999) y son los siguientes:

---

<sup>12</sup> <http://oeg-lia3.dia.fi.upm.es/oops/index-content.jsp>

- Capturar los escenarios motivadores. Estos escenarios describen problemas o ejemplos de situaciones que no se encuentran tratadas adecuadamente en las ontologías existentes. Este planteo también provee posibles soluciones a estos problemas con semántica intuitiva sobre los objetos y relaciones que luego serán incluidas en la ontología.
- Formulación de preguntas de competencia informales. Estas preguntas están basadas en los escenarios descritos en el punto anterior y pueden ser considerados como requerimientos de expresividad bajo la forma de preguntas. Una ontología debe ser capaz de responder a estas preguntas utilizando su terminología. Se denominan preguntas de competencia informales porque en este punto no están formuladas en lenguaje formal. Las preguntas sirven como restricciones de lo que la ontología puede ser y se utilizan para evaluar si la ontología cumple con los requerimientos iniciales.
- Especificación de la terminología utilizando lógica de primer orden. Este paso incluye la extracción de los términos principales: conceptos, atributos y relaciones (Gómez-Pérez y colab., 2004) surgidos de las especificaciones correspondientes a los dos pasos anteriores y formuladas en un lenguaje de lógica de primer orden.

No se detallan los pasos siguientes de la metodología por no realizar contribuciones al desarrollo de la tesis.

### *Methontology*

La metodología de desarrollo de ontologías METHONTOLOGY es una metodología creada en el Ontological Engineering Group de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) para la construcción de ontologías, reutilización de ontologías o para proceder a la reingeniería de las mismas (Corcho y colab., 2003). Esta metodología es detallada por Gómez-Pérez (Gómez-Pérez y colab., 2004) y consta de las siguientes etapas:

- Especificación: En esta etapa se desarrolla un documento que contiene la meta de la ontología, nivel de granularidad, alcance y propósito. Se identifica los términos a representar, sus características y relaciones.
- Conceptualización: En esta etapa se organiza el conjunto de términos y sus características en una representación intermedia que el desarrollador de la ontología y los expertos puedan entender. En este caso se construye un glosario de términos, diagrama de relaciones

binarias, diccionario de conceptos, tablas de atributos instancias, tablas de atributos clases, tablas de axiomas lógicos, tablas de constantes, tablas de instancias

- Adquisición de conocimiento: Este paso se lleva a cabo de manera independiente en la metodología y su ejecución puede coincidir con otros pasos. Por lo general la adquisición de conocimiento se realiza en tres etapas: reuniones preliminares con los expertos, análisis y revisión de la bibliografía asociada al dominio y, una vez que se tiene un conocimiento base, se refina y detalla hasta completar la ontología
- Integración: En esta etapa se identifican ontologías candidatas que puedan ser reutilizadas en la ontología que se está construyendo y se incorporan aquellas piezas de conocimiento que son de utilidad.
- Implementación: En esta etapa se codifica el modelo conceptual en un modelo codificado.
- Evaluación: En esta etapa se realiza un juicio técnico a la ontología, al ambiente de software asociado y a la documentación con respecto a un esquema de referencia en cada paso de la metodología (requerimientos de especificación, preguntas de competencia y/o el mundo real).
- Documentación: En esta etapa se detalla clara y exhaustivamente cada paso completado y los productos generados.

En la figura 2.3 se muestran las etapas y el ciclo de vida de METHONTOLOGY. Esta metodología presenta un prototipo evolutivo donde se propone la incorporación, eliminación y cambio de términos en cada versión del prototipo.

El ciclo de vida en el desarrollo de una ontología se establece una continuidad de actividades en paralelo. Estas actividades comprenden tareas de especificación, conceptualización, formalización, implementación y mantenimiento. Estas tareas de desarrollo se establecen en paralelo con actividades de control y aseguramiento de la calidad y actividades de soporte como la adquisición del conocimiento, integración, evaluación, y configuración.

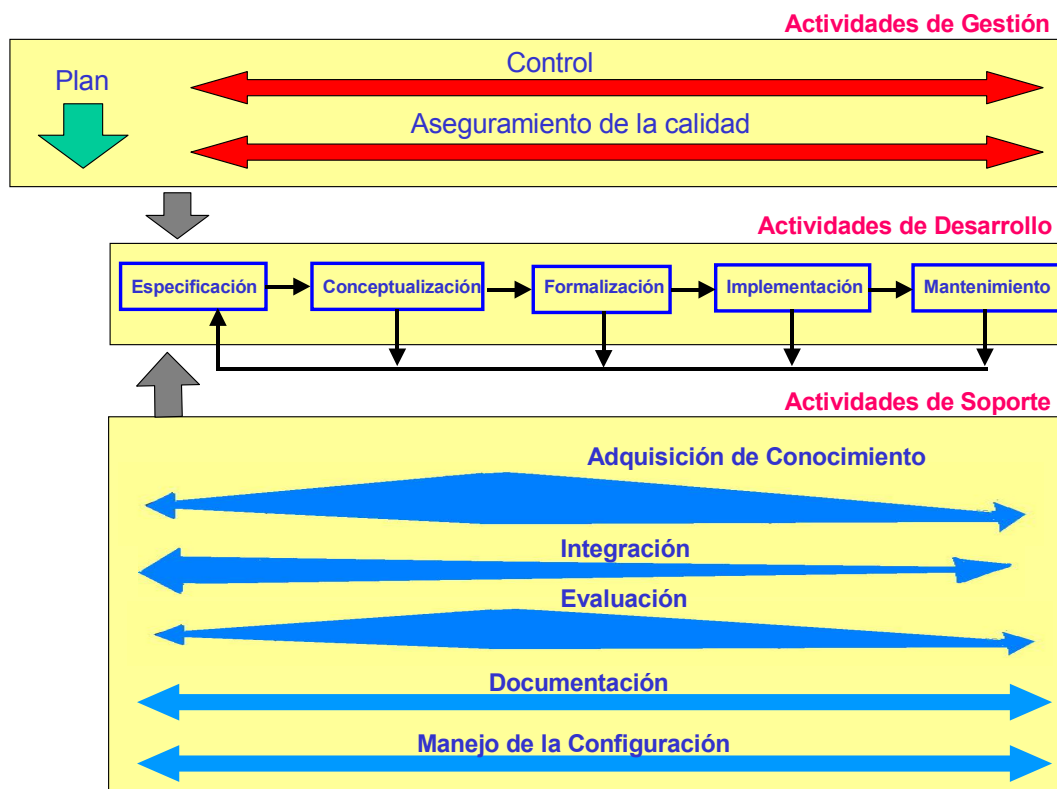


Figura 2.3. Metodología de desarrollo METHONTOLOGY (Gómez-Pérez, 2004)

Para llevar a cabo la conceptualización del dominio, la metodología propone una serie de tareas tendientes a organizar y estructurar el conocimiento obtenido de la actividad de adquisición del conocimiento. Las tareas pertenecientes a esta actividad convierten una vista informal de un dominio en una especificación semi-formal. Para esto utilizan un conjunto de representaciones intermedias (Intermediate Representations, IRs) tabulares y gráficas que facilitan el proceso de transformación entre la percepción de las personas y lenguajes utilizados para la implementación de ontologías.

Las tareas comprendidas en la actividad de conceptualización se observan en la figura 2.4. La primer tarea comprende la construcción de un glosario de términos relevantes del dominio (conceptos, instancias, atributos, relaciones entre conceptos, descripciones en lenguaje natural, sinónimos, acrónimos).



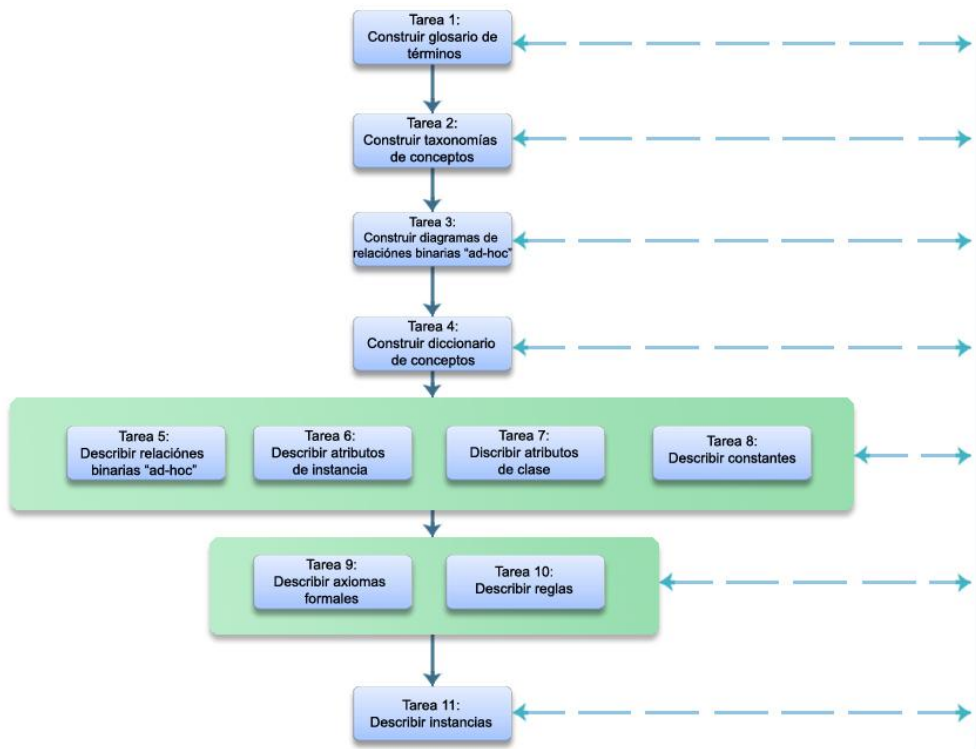


Figura 2.4. Tareas de la metodología de desarrollo METHONTOLOGY (Gómez-Pérez, 2004)

La segunda tarea comprende la jerarquización de los términos a través de la taxonomía de los mismos. En esta tarea pueden identificarse también relaciones de descomposición disjunta, exhaustiva, particiones. La tercer tarea establece diagramas de relaciones entre conceptos de la taxonomía. En esta tarea se debe establecer si los dominios y rangos de cada argumento de cada relación delimitan exactamente las clases que son apropiadas para esa relación. La cuarta tarea define un diccionario de conceptos donde se especifica cuáles son las propiedades y relaciones que describen cada concepto de la taxonomía. Opcionalmente se incluyen instancias, atributos de clase e instancias. Las tareas quinta, sexta, séptima y octava realizan un detalle de las relaciones binarias, atributos de instancia, atributos de clase y constantes definidas en las tareas anteriores. Las tareas novena y décima especifican axiomas formales y reglas que representan componentes de modelado importantes en ontologías heavyweight. Por último, se definen las instancias relevantes que aparecen en el diccionario de conceptos.

### ANEMONE

ANEMONE es un framework y metodología para la modularización de ontologías. El objetivo de esta metodología es la construcción de una red jerárquica de módulos ontológicos (Ozacar y

otros, 2011). Como se expresara anteriormente en este capítulo, la modularidad es un requerimiento clave en grandes ontologías con el fin de lograr reutilización, mantenibilidad y evolución (Rector, 2003). Un módulo ontológico es un componente reusable de una ontología más grande y más compleja, es autónomo, pero tiene una relación clara con otros módulos ontológicos (Doran, 2006).

Esta metodología sirve para desarrollar una red de módulos ontológicos que se comporta como una ontología global única. La arquitectura de esta red es centralizada, derivada de una ontología superior (base) a las capas intermedias y capas de dominio, hasta llegar a la capa local.

La figura 2.5 muestra los módulos en los distintos niveles, los cuales se definen de la siguiente manera (Ozacar y otros, 2011):

- Módulo ontológico base que contiene el conocimiento libre del dominio, incluyendo unidades y términos abstractos. Existe un único módulo ontológico base el cual es directa o indirectamente importado por cada uno de los restantes módulos del sistema.
- Módulos ontológicos de dominio, de mayor nivel. En algunos casos, los módulos ontológicos de dominio comparten términos. Para integrar estos módulos de dominio, los términos en común se definen en módulos ontológicos de mayor nivel. A estos términos en común los utilizan otros módulos mediante referencia directa o por especialización en los módulos metodológicos de dominio relacionados.
- Módulos ontológicos de dominio que definen el conocimiento específico del dominio. Si dos módulos ontológicos de dominio comparten términos, éstos se definen en el módulo de dominio de mayor nivel relacionado. Si las ontologías de dominio utilizan dos términos, que son subtérminos disjuntos de un supertérmino, el supertérmino se define en el correspondiente módulo de nivel superior y sus subtérminos se definen en los módulos ontológicos de dominio (especializando el término del dominio de nivel superior). Por otra parte, si un término está definido en dos módulos ontológicos de dominio, este término se mueve al correspondiente módulo ontológico de mayor nivel y los módulos ontológicos de dominio lo referencian.

- Módulos ontológicos locales que almacenan dos tipos de conocimiento: términos del dominio local y conocimiento del dominio de afirmaciones (instancias). Los módulos locales se comparten por uno o más orígenes de datos. Existe un mapeo entre los valores individuales de las bases de datos y las instancias de los módulos ontológicos locales. Este mapeo se almacena en una tabla.

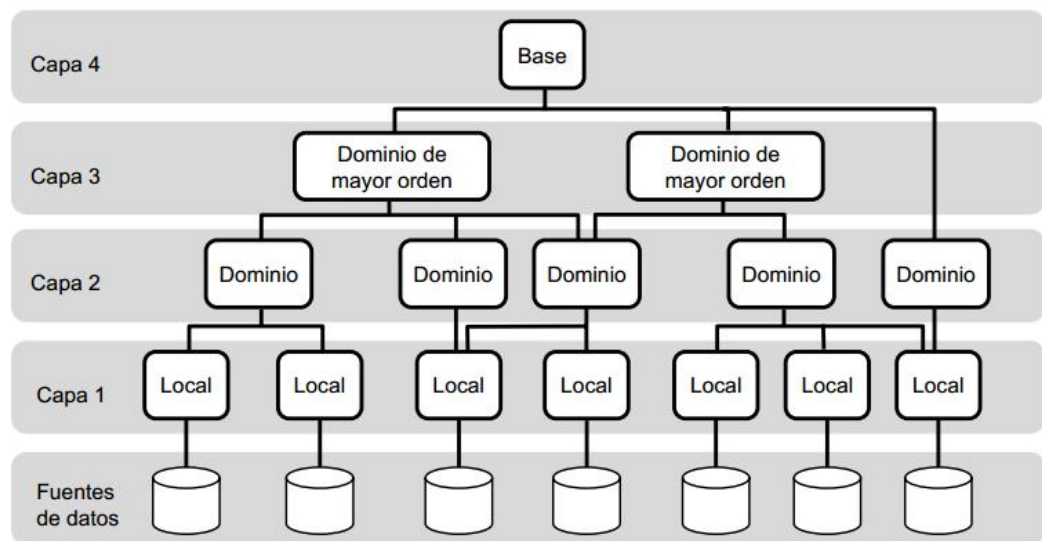


Figura 2.5. ANEMONE. Módulos ontológicos y sus relaciones (Ozacar y colab, 2011)

### NeOn

La metodología NeOn (Suárez-Figueroa, 2010) para el desarrollo de redes de ontologías se crea como parte del proyecto NeOn para cubrir las deficiencias de las metodologías tradicionales de desarrollo de ontologías ya que éstas no comprenden el diseño de redes de ontologías ni los conceptos de colaboración ni la reutilización ni reingeniería de fuentes de conocimiento existentes que ya han alcanzado cierto grado de consenso en la comunidad. La metodología NeOn (Suárez-Figueroa, 2010) se basa en escenarios flexibles ya que se permite la combinación entre ellos. Además, la metodología propone adaptabilidad a las necesidades que se presentan para el desarrollo y presentadas por usuarios concretos y la posibilidad de inclusión de nuevos procesos o actividades implicadas en el desarrollo de redes de ontologías.

Los escenarios más comunes que pueden ocurrir en el desarrollo de ontologías y redes de ontologías son los siguientes:

- Escenario 1: Desarrollo de redes de ontologías desde la especificación hasta la implementación.

- Escenario 2: Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización y reingeniería de recursos no ontológicos.
- Escenario 3: Desarrollo de redes de ontologías mediante la reutilización de recursos ontológicos.
- Escenario 4: Desarrollo de redes de ontologías mediante la construcción, reutilización y reingeniería de recursos ontológicos.
- Escenario 5: Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización y mezcla de recursos ontológicos.
- Escenario 6: Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización, mezcla y reingeniería de recursos ontológicos.
- Escenario 7: Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización de patrones de diseño ontológicos.
- Escenario 8: Desarrollo de redes de ontologías mediante reestructuración de recursos ontológicos.
- Escenario 9: Desarrollo de redes de ontologías mediante la localización de recursos ontológicos.

La figura 2.6 muestra los nueve escenarios identificados en la metodología. Las flechas numeradas representan los diferentes escenarios propuestos. Cada escenario se descompone en diferentes procesos o actividades que son representados en círculos de colores o con cajas redondeadas. Los procesos y actividades se encuentran descritos en el Glosario de Procesos y Actividades (Suárez-Figueroa y colab., 2008a) y (Suárez-Figueroa y colab., 2008b). La figura muestra fuentes de conocimiento disponibles para reutilización y posibles productos (redes de ontologías, alineamientos de ontologías, es decir, relaciones entre ontologías) obtenidos de la ejecución de algunos de los escenarios presentados. La figura muestra que existen actividades de adquisición del conocimiento, documentación, gestión de la configuración, evaluación y validación. El escenario 1 es obligatorio ya que contiene el núcleo de actividades necesarias para el desarrollo de una ontología.

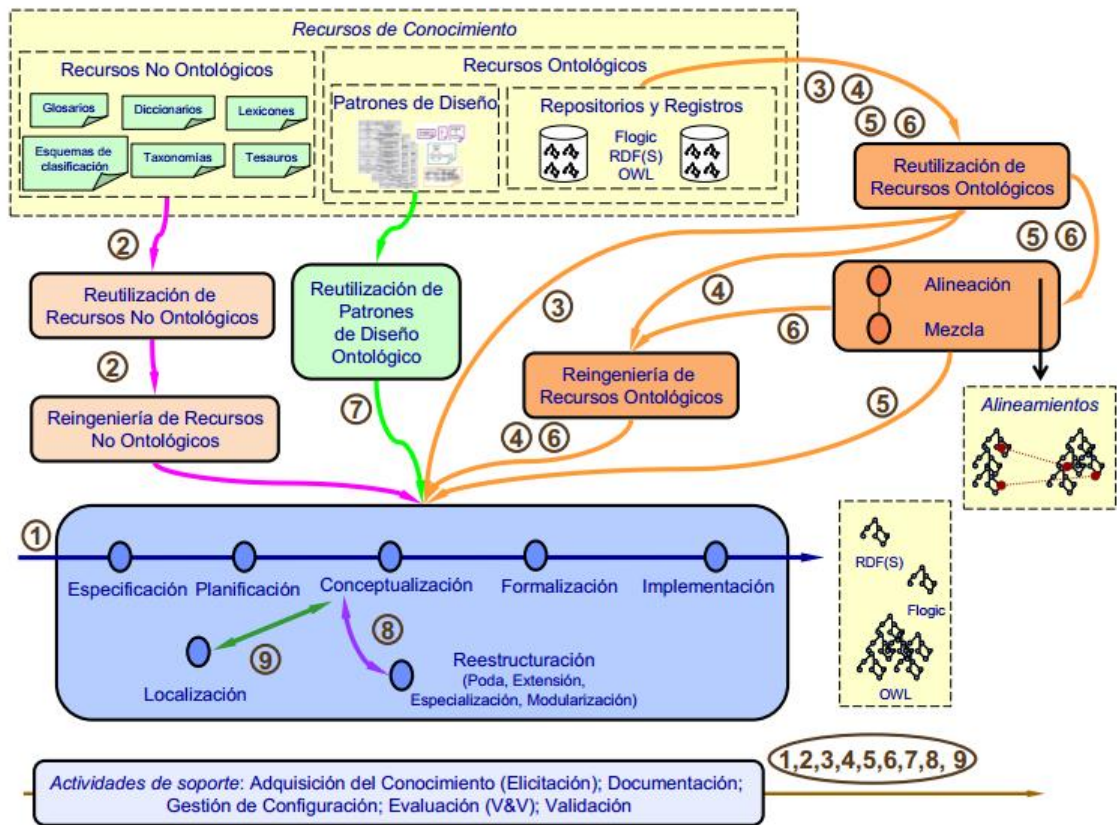


Figura 2.6. Escenarios para la construcción de ontologías y redes de ontologías (Suárez-Figueroa, 2010)

Las guías que proporciona la metodología NeOn para cada una de las metodologías y procesos abordados se basan en la descripción de cada actividad mediante una ficha y un flujo de trabajo acompañado de una guía prescriptiva que indica cómo llevar a cabo la actividad o proceso en cuestión y la secuencia de tareas que se deben llevar adelante en cada caso y cómo deben ejecutarse.

### 2.3.6. Lenguajes de Representación de Ontologías

El auge de Internet (Gómez-Pérez, 2004) derivó en la creación de diversos lenguajes de ontologías basados en la Web o lenguajes de marcado. Estos lenguajes están basados en lenguajes de marcado como HTML y XML. En la actualidad existe un conjunto de estos lenguajes que actualmente se utiliza para la construcción de ontologías que, como se expresó, tienen su origen en lenguajes de marcado, en redes semánticas y lógica de primer orden. En la figura 2.7 se presentan

algunos de estos lenguajes basados en XML (Bray y colab., 2008), cuyo propósito es el de establecer un formato común para el intercambio de datos.

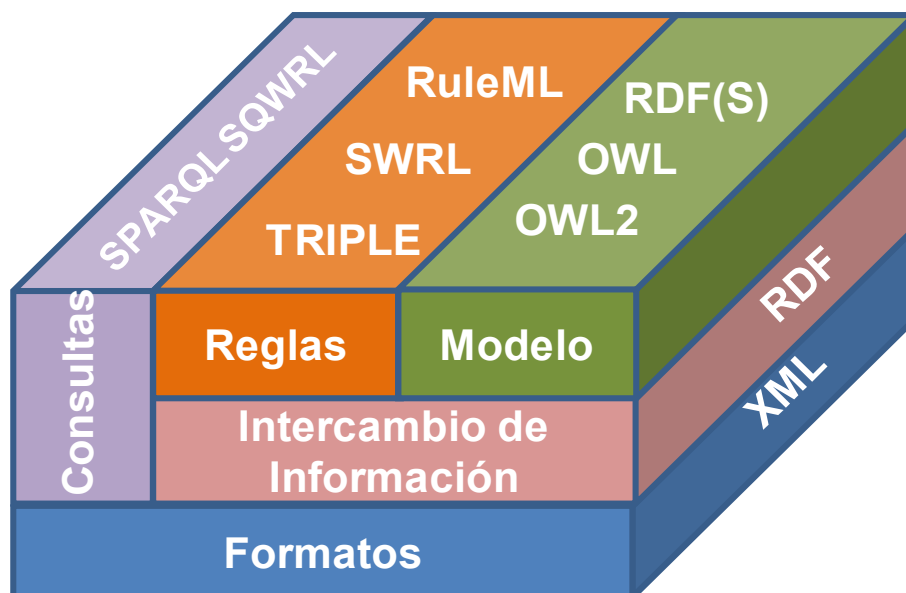


Figura 2.7. Lenguajes para la implementación de ontologías

## XML

XML (eXtensible Markup Language) es un lenguaje de marcado que el uso de un conjunto de etiquetas para la definición y descripción de elementos que facilita el intercambio de información estructurada entre distintas plataformas. Es la base sintáctica para la estructuración del contenido en la Web. Por su parte, XML Schema: es un lenguaje de esquema utilizado para describir la estructura, tipos de datos y las restricciones de los contenidos de los documentos XML de una forma muy precisa, más allá de las normas sintácticas impuestas por el propio lenguaje XML. Es un lenguaje que permite escribir documentos web estructurados con un vocabulario definido por el usuario. El lenguaje es particularmente adecuado para el envío de documentos por la Web (Antoniou y colab., 2008).

Un espacio de nombres, Name Space (NS), es un contenedor abstracto en el que un grupo de uno o más identificadores únicos pueden existir. Un identificador definido en un espacio de nombres está asociado con ese espacio de nombres. El mismo identificador puede independientemente ser definido en múltiples espacios de nombres, eso es, el sentido asociado con un identificador definido en un espacio de nombres es independiente del mismo identificador

declarado en otro espacio de nombres. NS permite la combinación de diferentes lenguajes de marcado basados en XML en un mismo documento (Codina y colab., 2006).

*RDF(S)*

RDF (Resource Description Framework) (Becket, 2004) es un lenguaje basado en redes semánticas que surgió como una iniciativa para describir recursos con metadatos en la web. RDF es un lenguaje muy útil para la representación de datos que utiliza la sintaxis de XML y soluciona las carencias de XML agregando semántica (Gómez-Pérez y colab., 2004). RDF proporciona un modelo para describir aserciones sobre recursos web que consiste en tres tipos de componentes: recursos, propiedades y sentencias. Los recursos también se denominan objetos y las propiedades son las relaciones entre objetos. Este modelo se puede observar en la figura 2.8.

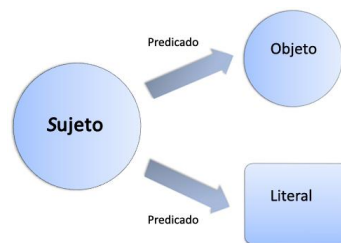


Figura 2.8. Modelo RDF

Por ejemplo, si se cuenta con la siguiente afirmación:

“Ora Lassila es el creador del documento <http://www.w3.org/Home/Lassila/doc1.html>”

Esta afirmación se traduce en la siguiente estructura RDF:

Recurso (sujeto)	<a href="http://www.w3.org/Home/Lassila/doc1.html">http://www.w3.org/Home/Lassila/doc1.html</a>
Propiedad (predicado)	<a href="http://www.schema.org/#Creator">http://www.schema.org/#Creator</a>
Valor (objeto) “Ora Lassila”	<a href="http://www.w3.org/Home/Lassila">http://www.w3.org/Home/Lassila</a>

El modelo del ejemplo se muestra en la figura 2.9.

Como se expresara anteriormente, el lenguaje está basado en la idea de identificar recursos utilizando identificadores web, y de describir a los mismos en términos de propiedades sencillas y valores de propiedades. En el modelo RDF, el sujeto y el predicado son referencias URI o nodos en blanco y el objeto es una referencia URI, un literal o un nodo en blanco.



Figura 2.9. Modelo RDF. Ejemplo

Una sentencia RDF puede ser también un recurso en sí mismo, pero esta recursividad, no es interpretada por RDF, pues no provee primitivas de modelado para definir las relaciones entre recursos y propiedades (Brusa, 2007). Como consecuencia de esto surgió la extensión RDF Schema, que es una extensión semántica de RDF basada en XML Schema. Los recursos en un RDF Schema pueden ser definidos como instancias de clases o subclases. Las clases en un RDF Schema son comparables a las clases en lenguajes de programación correspondientes al paradigma orientado a objetos. RDF(S) es el término comúnmente utilizado para referirse a la combinación de RDF y RDF Schema. RDF(S) es ampliamente utilizado como formato de representación en diversas herramientas y proyectos ya que existe una amplia variedad de recursos para edición, validación, consulta, almacenamiento de recursos en RDF(S) (Gómez-Pérez y colab., 2004).

Por lo tanto, RDF Schema (RDFS) provee primitivas de modelado para la organización de objetos Web en jerarquías. Las primitivas principales son clases y propiedades, subclases y relaciones de subpropiedades así como restricciones de dominio y rango (Antoniou y colab., 2008), (Abián, 2005), (Codina y colabl., 2006).

Aunque RDF Schema puede ser considerado como un lenguaje de primitivas para ontologías, se hace necesario contar con lenguajes ontológicos que lo expandan para permitir representaciones de relaciones más complejas entre objetos Web (Antoniou y colab., 2008). Uno de los lenguajes más utilizados por su especificidad es OWL (Ontology Web Language) que es un lenguaje de marcado para publicar y compartir datos usando ontologías que tiene como objetivo facilitar un modelo de marcado construido sobre RDF y basado en la sintaxis de XML (Abián, 2005), (Antoniou y colab., 2003).

## OWL

El lenguaje OWL (Ontology Web Language) es el resultado del trabajo de W3C Web Ontology Working Group. Este lenguaje deriva de DAML+OIL, cubriendo la mayoría de sus características y renombrando la mayoría de sus primitivas. La versión actual es estable y conforma una recomendación de W3C (Gómez-Pérez, 2004). OWL se presenta como una extensión de RDFS



resolviendo limitaciones de RDF(S) como por ejemplo la expresión de la disyunción de clases, la definición de clases como combinación de otras (unión, intersección o complemento) o la expresión de restricciones sobre la cardinalidad de propiedades.

OWL proporciona más vocabulario que RDF(S) para describir propiedades y clases tal como: relaciones entre clases (por ejemplo clases disjuntas), cardinalidad (por ejemplo exactamente uno), igualdad, más tipos para las propiedades, características de las propiedades (por ejemplo simetría), y clases enumeradas.

En sus primeras versiones, OWL constaba de diferentes sublenguajes con diferente poder expresivo: OWL Lite, OWL DL y OWL full. La nueva versión, OWL2, añade potencia y velocidad dado que posibilita la estandarización del modelado del mundo real y presenta perfiles para mejorar la escalabilidad en las aplicaciones típicas.

Una ontología en OWL2 consiste en tres diferentes categorías sintácticas (Motik y colab., 2009): (a) Entidades como clases, propiedades e individuos que conforman los términos primitivos y básicos de una ontología, donde los individuos son las instancias. (b) Expresiones que representan nociones complejas en el dominio que se está describiendo y (c) Axiomas que son sentencias que son aseveradas como verdaderas en el dominio que se está describiendo. Estas tres categorías sintácticas se utilizan para expresar la parte lógica de las ontologías OWL2, se interpretan bajo una semántica definida con precisión que permite inferencias útiles que se pueden elaborar. Por ejemplo, si un individuo *a*: Pedro es un instancia de la clase *a*: Alumno y un Alumno es una subclase de una: persona, luego de la semántica OWL 2 se puede derivar que *a*: Pedro es también una instancia de *a*: Persona.

Un detalle importante es que OWL 2 ofrece soporte básico para la modularización ontológica. En particular, en OWL2 una ontología *O* puede importar otra ontología OWL2 *O'* y así tener acceso a todas las entidades, expresiones, y axiomas en *O'*.

El componente que diferencia a una ontología es el conjunto de reglas. Este conjunto tiene que expresarse en un lenguaje lógico apropiado. Teniendo en cuenta que el lenguaje OWL es el estándar para la implementación de una ontología, esto no siempre es suficiente para hacer deducción, entonces se necesita combinar OWL con otro formalismo de representación como son las reglas. Uno de los enfoques de integración es el Semantic Web Rule Language (SWRL), que proporciona la capacidad de expresar reglas de Horn como términos de conceptos OWL (O'Connor y colab., 2007).

Los constructores de OWL2 incluyen los siguientes términos (Molik y colab., 2009):

- **Class:** Conjunto de individuos que pertenecen a la misma clase por compartir una o más propiedades. La clase *owl:Thing* representa la clase de todas las cosas. Es el concepto superior. También existe la clase *owl:Nothing* que es la clase vacía o sin instancias.
- **SubClassOf:** Esta relación permite expresar jerarquía de clases. Es decir, una clase es subclase de otra.
- **Individuals:** Son instancias u objetos del dominio.
- **Object Property:** Las propiedades de objetos se utilizan para expresar relaciones entre los mismos.
- **Data Property:** Las propiedades de datos pueden utilizarse para establecer relaciones entre individuos y un tipo de dato.
- **SubObjectPropertyOf:** Pueden establecerse jerarquías de propiedades. Permite expresar que una propiedad es subpropiedad de una o más propiedades.
- **ObjectPropertyChain:** Permite que se defina una propiedad como una composición de propiedades.
- **ObjectPropertyDomain:** el dominio de una propiedad restringe los individuos a los que puede aplicarse la propiedad. Si una propiedad tiene como dominio a una clase C y relaciona un individuo a con otro b, el individuo a debe pertenecer a la misma clase C de la relación.
- **ObjectPropertyRange:** El rango de una propiedad delimita los individuos que la propiedad puede tener como valor. Si una propiedad relaciona un individuo a con un individuo b, y ésta tiene como rango a una clase D, entonces el individuo b debe pertenecer a la clase D. El rango, al igual que el dominio, es una restricción que no es local.

- **EquivalentClasses:** Si dos clases son equivalentes, entonces poseen las mismas instancias. El valor de igualdad puede ser utilizado para establecer clases sinónimas.
- **DisjointClasses:** Es posible establecer que varias clases son disjuntas entre si, es decir, que no poseen instancias en común.
- **EquivalentObjectProperty:** Si se definen dos propiedades como equivalentes, entonces relacionan los mismos pares de individuos.
- **SameIndividual:** Es posible definir que dos individuos son el mismo. Es decir, se trata del mismo individuo con diferentes nombres.
- **DifferentIndividuals:** Se puede definir que un individuo es diferente de otros individuos con el mismo nombre. Los lenguajes OWL y RDF no suponen que los individuos tienen un único nombre.
- **InverseObjectProperty:** Es posible establecer que una propiedad es la inversa de otra propiedad. Si se establece la propiedad P1 como inversa de la propiedad P2 esto implica que cada vez que  $(a,b) \in P1$  entonces  $(b,a) \in P2$ .
- **TransitiveObjectProperty:** Si una propiedad P es transitiva y, tanto los pares  $(x,y)$  e  $(y,z)$  son ambos instancias de la propiedad P, entonces el par  $(x,z)$  también es instancia de P.
- **SymmetricObjectProperty:** Si una propiedad P es simétrica y el par  $(x,y)$  es una instancia de esa propiedad, entonces el par  $(y,x)$  también es una instancia de esa propiedad.
- **AsymmetricObjectProperty:** Si una propiedad P es asimétrica y el par  $(x,y)$  es una instancia de esa propiedad, entonces el par  $(y,x)$  no es una instancia de esa propiedad.
- **FunctionalObjectProperty:** si una propiedad es especificada como funcional no tendrá más que un valor como individuo (es posible que no tenga ningún valor para uno o más individuos). Es una forma abreviada para indicar que la cardinalidad mínima de la propiedad es 0 y la cardinalidad máxima es 1.

- **InverseFunctionalObjectProperty**: Si una propiedad  $P$  es inversamente funcional, entonces la inversa de la funcional  $P$  es funcional. Por lo tanto, la inversa de la propiedad  $P$  tiene como máximo un valor para cada individuo.
- **ReflexiveObjectProperty**: si una propiedad  $P$  es reflexiva, entonces todos los pares  $(x,x)$  son instancias de esa propiedad.
- **IrreflexiveObjectProperty**: si una propiedad  $P$  es irreflexiva, entonces ningún par  $(x,x)$  es instancias de esa propiedad.
- **ObjectAllValuesFrom**: Esta restricción determina que toda instancia de la clase  $C$  debe estar relacionada al menos con un individuo  $i$  mediante la propiedad  $P$ , entonces el individuo  $i$  debe ser una instancia de la clase  $D$ . La restricción se establece de manera local, es decir, sólo deben cumplir la restricción los individuos de la clase  $C$ .
- **ObjectSomeValuesFrom**: Esta restricción determinan que toda instancia de la clase  $C$  debe estar relacionada al menos con un individuo  $i$ , instancia de la clase  $D$ , mediante la propiedad  $P$ . No impone que todos los valores de una propiedad sean instancias de una misma clase. La restricción se establece de manera local, es decir, sólo deben cumplir la restricción los individuos de la clase  $C$ .
- **ObjectMinCardinality**: Una restricción de cardinalidad mínima con valor  $n$  determina que toda instancia de la clase  $C$  debe estar relacionada, al menos con  $n$  individuos  $i$ , instancias de la clase  $D$ , mediante la propiedad  $P$ .
- **ObjectMaxCardinality**: Una restricción de cardinalidad máxima con valor  $n$  determina que toda instancia de la clase  $C$  debe estar relacionada, como máximo con  $n$  individuos  $i$ , instancias de la clase  $D$ , mediante la propiedad  $P$ .
- **ObjectExactCardinality**: Una restricción de cardinalidad exacta con valor  $n$  determina que toda instancia de la clase  $C$  debe estar relacionada, exactamente con  $n$  individuos  $i$ , instancias de la clase  $D$ , mediante la propiedad  $P$ .

- **ObjectHasValue:** Este tipo de restricción determina que toda instancia de la clase C debe estar relacionada mediante la propiedad P con un individuo i en particular.
- **ObjectHasSelf:** Este tipo de restricción determina que toda instancia de la clase C debe estar relacionada mediante la propiedad P con el mismo individuo i de la clase C.
- **ObjectUnionOf, ObjectComplementOf, ObjectIntersectonOf:** Permiten realizar combinaciones booleanas (unión, complemento e intersección) arbitrarias de clases anónimas y/o con nombre. Una clase anónima es aquella que no posee un identificador para la clase (referencia URI), sino que se describe mediante la imposición de restricciones para la extensión de la clase.
- **ObjectOneOf:** (clases enumeradas) Permite describir una clase mediante la enumeración de los individuos que la componen. Los miembros de la clase son exactamente el grupo de los individuos enumerados.

Si bien OWL es un lenguaje que se ha convertido en un estándar para la definición de una ontología, el mismo no puede definir axiomas de derivación. Por lo tanto surgió la necesidad de utilizar un lenguaje para tal fin. Para ello se propuso RuleML<sup>13</sup> que es un lenguaje de marcado para la publicación y acceso compartido a bases de reglas en la Web. Este lenguaje es, en realidad, un árbol de sublenguajes (que tienen como base a XML, RDF, XSLT y OWL), cuya raíz permite utilizar el lenguaje como un todo y cuyos nodos permiten identificar subconjuntos adaptados al lenguaje. El núcleo central de RuleML está constituido por el sublenguaje Datalog (Abiteboul y colab. 1995), basado en lógica de Horn. Otro lenguaje basado en RuleML, que es una recomendación de la W3C y que se utiliza para la especificación de reglas, es el lenguaje SWRL (Semantic Web Rule Language) (Horrocks y colab., 2004). SWRL extiende los axiomas de OWL para incluir cláusulas de Horn mientras que mantiene un máximo de compatibilidad retroactiva con la sintaxis y semántica de OWL.

Finalmente, se necesitan lenguajes de consulta de ontologías. Para ello, están disponibles SPARQL (Proud'hommeaux hy colab. 2008) y SQWRL (Semantic Query Web Rule Language) (O'Connor y colab., 2009). SPARQL es un lenguaje de consulta para RDF. Una consulta en SPARQL se

---

<sup>13</sup> [http://wiki.ruleml.org/index.php/RuleML\\_Home](http://wiki.ruleml.org/index.php/RuleML_Home)

asemeja a una consulta en SQL. Una consulta en SQWRL, por su parte, consta de un cuerpo y una cabecera (consecuente).

Con el fin de extraer información de ontologías OWL se necesita un lenguaje de consulta. El lenguaje más poderoso es SQWRL, que se basa en el lenguaje de reglas SWRL y utiliza base sólida semántico de SWRL como su fundamento formal. También contiene operadores que se pueden utilizarse para llevar a cabo las operaciones de cierre para permitir formas limitadas de la negación como prueba de verdad, contar, y la agregación (O'Connor y colab., 2009).

### 2.3.7. Herramientas para la implementación de ontologías

En la actualidad se cuenta con una gran variedad de aplicaciones para el desarrollo de ontologías (Gómez-Pérez, 2004) entre las cuales se cuenta con herramientas que permiten la construcción de ontologías desde la especificación hasta la implementación, no solo con funciones de edición sino también, entre otras, documentación y exportación/importación a diferentes formatos y lenguajes.

Existen herramientas de evaluación de ontologías tendientes a reducir inconvenientes a la hora de integrar y utilizar tecnologías basadas en ontologías desarrolladas sobre otros sistemas de información como Protégè (Noy y colab., 2000), que tiene la ventaja de ser independiente del lenguaje y se caracterizan por su fácil extensibilidad e integración con otras aplicaciones. El editor cuenta con herramientas para realizar consultas a las ontologías y realizar inferencias sobre las mismas. Esta herramienta se encuentra asociada a una gran comunidad de usuarios entre los que se encuentran usuarios académicos y usuarios corporativos. El editor de ontologías Protégé<sup>14</sup> tiene una amplia disponibilidad de plugins que amplían y completan su funcionalidad estándar y que son de fácil acceso e instalación en el editor. En los plugins disponibles se encuentran razonadores como Pellet, que permite determinar la consistencia formal de la ontología. La amplia comunidad de Protégé presenta requerimientos en forma continua y, a su vez, contribuye aportando nuevas funcionalidades dado que el editor es de código abierto. Otra de las ventajas que tiene el editor Protégé es que tiene compatibilidad total con las especificaciones OWL2 y RDF.

Neon Toolkit<sup>15</sup> es un entorno de desarrollo de ontologías de código abierto que provee soporte para todas las actividades del ciclo de vida de una ontología que también propone una serie

---

<sup>14</sup> <http://protege.stanford.edu/>

<sup>15</sup> [http://neon-toolkit.org/wiki/Main\\_Page](http://neon-toolkit.org/wiki/Main_Page)

de plugins que extienden sus funcionalidades incluyendo anotaciones, documentaciones, evaluación, razonamiento e inferencia, etc. Al momento del desarrollo del trabajo de tesis tanto el entorno como los plugins descritos no estaban disponibles para su uso.

## 2.4. CONCLUSIONES

Frente a la semántica implícita, el crecimiento caótico de recursos, y la ausencia de una organización clara de la Web actual, la Web semántica aboga por clasificar, dotar de estructura y anotar los recursos con semántica explícita procesable por máquinas. La propiedad clave de la arquitectura de la Web Semántica establece una herramienta poderosa para satisfacer los requerimientos de eficiencia que los nuevos paradigmas en educación requieren. En este sentido, propone herramientas para resolver el advenimiento de entornos complejos con semántica incompatible. La Web Semántica puede explotarse como una plataforma para la implementación de un sistema de e-learning ya que provee todos los significados para esta modalidad educativa: conceptualizaciones de datos basados en descripciones semánticas de materiales educativos, estandarización de los componentes para compartir información y composición en cursos educativos con entrega proactiva del material de enseñanza a través de un LMS.

La definición de una red de ontologías que contemple la utilización de estándares es una parte fundamental en el desarrollo de soluciones para la educación basada en la Web ya que brinda una estructura natural del contenido educativo proveyendo una estrategia independiente del dominio para la planificación adaptativa del comportamiento del sistema facilitando la interoperabilidad e intercambio de recursos educativos.

Para la definición de la red de ontologías, existen diferentes metodologías propuestas que se centran en un proceso iterativo que sistematiza y ordena las actividades involucradas. Dentro de las metodologías propuestas se seleccionó la metodología NeOn dado que brinda un espectro amplio distinguiendo escenarios que pueden presentarse en el desarrollo de ontologías y proponiendo alternativas y cursos de acción para cada uno.

El beneficio de trabajar en una red de ontologías está representado por la organización modular de los dominios involucrados en el desarrollo que facilita el trabajo colaborativo. Los lenguajes y tecnologías propuestas para el desarrollo de ontologías comprenden diferentes características de definición de vocabularios y de componentes que derivan en diferencias en la expresividad y semántica que pueden transmitir.

Para la evaluación del modelado semántico de la red de ontologías, se seleccionó el lenguaje OWL2 debido a que su poder expresivo permite el modelado completo del dominio abordado. Para el desarrollo se utilizó el editor de ontologías Protégé debido al respaldo y soporte estable que posee el entorno comprobado por una amplia comunidad académica y corporativa.





## CAPÍTULO 3: ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

En este capítulo se realiza el análisis de requerimientos de la red de ontologías. El objetivo de la especificación de requerimientos es definir una colección de requisitos que la red de ontologías debe cumplir (Gómez-Pérez y colab., 2008). Como salida de la especificación de requerimientos se obtiene el Documento de Especificación de Requerimientos Ontológicos (DERO) que incluye el propósito, ámbito y nivel de formalidad de la red de ontologías así como los usuarios y usos previstos. En lo siguiente se hará referencia a la red de ontologías con el nombre AOnet, acrónimo de Assessment Ontology Network.

En la Sección 3.1 se detallan las tareas realizadas para especificar los requerimientos de la red de ontologías AOnet. Para ello se siguieron los pasos propuestos en la metodología NeOn (Gómez-Pérez y colab., 2008). En la sección 3.2, se presentan los dominios principales que conformarán la red AOnet detectados luego de la especificación de requerimientos realizada y, finalmente, se presentan las conclusiones del capítulo.

### 3.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE AOnet

El objetivo de la especificación de requerimientos en el desarrollo de la ontologías es establecer el propósito con que se construye la ontología, cuáles van a ser sus usos y usuarios posibles y qué requisitos debe cumplir esa ontología. Como resultado de esta actividad se obtiene el DERO de AOnet el cual es el punto de partida para su desarrollo.

Para la definición de los requerimientos se consultaron docentes de carreras en Ingeniería en informática y en Sistemas de Información de la Universidad Nacional del Litoral, de la Facultad Regional Santa Fe (UTN-FRSF) y de la Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER). También, se consultaron alumnos de dichas carreras los cuales colaboraron en la validación de las evaluaciones obtenidas a partir de la red. Además, se realizaron consultas a expertos en el dominio pedagógico en educación superior pertenecientes a las tres universidades mencionadas anteriormente.

A continuación se describe el resultado de las tareas realizadas.

#### **Tarea 1. Identificación del propósito, alcance y nivel de formalidad de la ontología.**

Como se expresara en el Capítulo 1, el objetivo principal de la red de ontologías es dar soporte a la generación de evaluaciones válidas y confiables en entornos de e-learning. Una

evaluación será válida si mide los contenidos previstos en el proceso de enseñanza. Una evaluación será confiable si los instrumentos utilizados en la misma siguen los principios básicos de construcción.

En cuanto al alcance, se considerará tanto el dominio de la evaluación propiamente dicho como el de los recursos educativos (OA) utilizados para el proceso de enseñanza aprendizaje y será aplicable a distintas áreas de conocimiento correspondientes a la materia, asignatura o curso que se desea evaluar.

La red de ontologías será implementada en un lenguaje rigurosamente formal como OWL2 basado en lógica descriptiva, lenguaje recomendado por la W3C y complementada con el lenguaje de reglas SWRL. Además, se utilizará el lenguaje de consultas SPARQL

## **Tarea 2. Identificación de los usuarios finales previstos.**

Para la identificación de los usuarios finales previstos de AOnet se realizó un trabajo para la identificación de los interesados (*stakeholders*) en un proyecto de software para e-learning, donde se aplicó el método propuesto por Ballejos y Montagna (Ballejos y colab., 2008), con algunas modificaciones que fue necesario introducir para considerar el dominio de la educación basada en TICs (Romero y colab., 2014a), (Romero y colab., 2014b).

El trabajo realizado está presentado en forma completa en el Anexo A. A partir de los interesados encontrados, se identificaron los siguientes usuarios finales principales para AOnet:

**Usuario 1:** docente evaluador (en todos los niveles de responsabilidad).

**Usuario 2:** investigador en el área del elearning.

El usuario 1 es un docente universitario responsable del proceso de enseñanza aprendizaje de una asignatura perteneciente a una carrera de una universidad. Se consideran todos los niveles de responsabilidad, es decir, todos los tipos de cargos docentes que pueden intervenir en el diseño de una evaluación: profesores titulares, adjuntos, asociados y auxiliares docentes. Estos docentes evaluadores diseñan la evaluación en diferentes momentos educativos (antes de comenzar el dictado de la materia, durante el dictado de la misma o al finalizar para estimar promociones y calificaciones). Durante el estudio que se realizó se pudo detectar que la mayoría de los docentes de las universidades cuenta con escasa o nula formación en pedagogía lo cual a veces se traduce en la formulación no adecuada de las evaluaciones de los contenidos dictados en una cátedra. La

propuesta de la tesis busca brindar soporte para esta tarea colaborando en la creación de evaluaciones válidas y confiables.

El usuario 2 representa a todos los investigadores que orientan sus tareas de investigación para mejorar el proceso de evaluación considerando la utilización de las TICs. Estos investigadores usualmente conforman equipos o proyectos de investigación integrados además, por alumnos, becarios, tesistas entre otros. Los integrantes de estos equipos pueden pertenecer a diferentes instituciones educativas de nivel superior e institutos de investigación.

### Tarea 3. Identificación de los usos previstos.

Para la identificación de los usos previstos se utilizó la técnica de escenarios (Sommerville, 2011). Los usos previstos para AONet derivados de los escenarios definidos son:

**Uso 1:** Determinar los conceptos a incluir en la evaluación.

**Uso 2:** Diseñar una evaluación.

**Uso 3:** Describir una evaluación como recurso educativo.

**Uso 4:** Mejorar la evaluación desde una perspectiva pedagógica.

Los escenarios definidos se muestran a continuación:

#### Escenario 1

Determinar los conceptos a incluir en la evaluación
<b>Objetivo:</b> Seleccionar los temas y conceptos correspondientes a un dominio de conocimiento que se desean incorporar a una evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje de un curso o asignatura
<b>Contexto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· El curso o asignatura se dictan en el marco de una carrera universitaria.</li> <li>· La carrera contiene un plan de estudio.</li> <li>· El plan de estudios contiene la asignatura considerada.</li> <li>· La asignatura tiene como objetivo la enseñanza de contenidos asociados a un dominio de conocimiento.</li> <li>· Existe un programa asociado a la asignatura.</li> <li>· Hay alumnos cursando la asignatura o que finalizaron el cursado de la misma y necesitan la promoción correspondiente.</li> <li>· Existen profesores para el dictado de la asignatura.</li> </ul>
<b>Actores:</b> Usuario 1
<b>Recursos:</b> evaluación, programa de la materia, materiales de enseñanza
<b>Episodios:</b>

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un profesor que se encuentra dictando un curso o materia decide evaluar el conocimiento adquirido por los alumnos del mismo.</li> <li>2. El profesor considera las unidades y temas del curso que serán incluidos en la evaluación.</li> <li>3. El profesor selecciona los conceptos asociados a los temas seleccionados.</li> </ol>
<p><b>Excepciones:</b></p>

**Escenario 2**

Diseñar una evaluación
<p><b>Objetivo:</b> Seleccionar técnicas e instrumentos a utilizar en una evaluación y diseñar las actividades correspondientes</p>
<p><b>Contexto:</b> Un docente determinó las unidades, temas y conceptos a incluir en la evaluación</p>
<p><b>Actores:</b> Usuario 1</p>
<p><b>Recursos:</b> evaluación</p>
<p><b>Episodios:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccionar tipo de evaluación</li> <li>2. Seleccionar el momento de la evaluación</li> <li>3. Para cada concepto a evaluar:             <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Diseñar la/las actividad/es</li> <li>3.2. Identificar los reactivos involucrados en la actividad.</li> <li>3.3. Seleccionar el instrumento adecuado a utilizar en cada reactivo.</li> <li>3.4. Definir las rúbricas y métricas a utilizar en cada una de las actividades.</li> </ol> </li> </ol>
<p><b>Excepciones:</b></p>

**Escenario 3**

Describir una evaluación como recurso educativo
<p><b>Objetivo:</b> Describir una evaluación considerada como un recurso educativo para facilitar su localización y recuperación</p>
<p><b>Contexto:</b> Un docente diseñó una evaluación</p>
<p><b>Actores:</b> Usuario 1</p>
<p><b>Recursos:</b> evaluación, estándar de metadatos</p>
<p><b>Episodios:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar autor, creador</li> </ol>

<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Determinar fecha de creación, modificaciones, etc.</li> <li>3. Describir resumen</li> <li>4. Identificar estado de la evaluación</li> <li>5. Identificar audiencia pretendida</li> <li>6. Identificar nivel de complejidad</li> <li>7. Identificar palabras clave</li> <li>8. Identificar formato</li> </ol>
<b>Excepciones:</b>

#### Escenario 4

Mejorar la evaluación desde una perspectiva pedagógica
<b>Objetivo:</b> Determinar si una evaluación es válida y confiable y mejorar sus condiciones en este sentido
<b>Contexto:</b> Un docente diseñó una evaluación Un investigador analiza una evaluación desarrollada
<b>Actores:</b> Profesor, investigador
<b>Recursos:</b> evaluación, reglas pedagógicas
<b>Episodios:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Chequea la evaluación en relación al cumplimiento de ciertas reglas pedagógicas.</li> <li>2. Introduce modificaciones para satisfacer las reglas consideradas</li> </ol>
<b>Excepciones:</b>

#### Tarea 4. Identificación de los requerimientos.

Para la identificación de los requerimientos se han llevado adelante varias técnicas como *brainstorming* (Sommerville, 2011) (Pressman, 2010) y consultas con expertos.

Como resultado se han identificado los siguientes requisitos no funcionales:

1. El trabajo debe ser modular.
2. El idioma de la red de ontologías debe ser el inglés tomando como base el idioma de los estándares utilizados. Se implementará la versión en español de cada término utilizado.

3. El idioma en el que se van a completar las evaluaciones y sus actividades es el español dado que es el idioma en el que se imparten las clases en las universidades involucradas en el proyecto de desarrollo.

Para la identificación de los requerimientos funcionales se utilizó la técnica que se basa en la formulación de preguntas de competencia (CQ– Competency Questions) (Grüninger y colab., 1995). Un extracto de las preguntas de competencia formuladas, se muestra en la figura 3.1. No se incluyen las respuestas a las CQ dado que las mismas dependerán de los dominios de conocimiento. Por ejemplo, si se desea conocer la respuesta a la CQ1: Dada una evaluación, ¿quién es el autor? La respuesta dependerá de los profesores o diseñadores pertenecientes a una asignatura de una carrera de una institución. Es decir, no existe una respuesta única para esa pregunta y lo que se busca es crear una estructura genérica que pueda servir para diferentes dominios de conocimiento.

	A	B
1	ID	<b>Perguntas de Competencia (CQ)</b>
2	CQ1	¿Dada una evaluación, quién es el autor?
3	CQ2	¿Cuál es la fecha de creación de una evaluación?
4	CQ3	¿Cuáles son las evaluaciones creadas por un profesor?
5	CQ4	¿Cuál es el contexto para el cual una evaluación fue creada?
6	CQ5	¿Cuánto tiempo tardaría un alumno, perteneciente a la audiencia pretendida, en responder la evaluación?
7	CQ6	¿Cuál es el nivel de complejidad de una evaluación?
8	CQ7	¿Cuál es el título de una evaluación?
9	CQ8	Dada una asignatura, un tema y un nivel de complejidad, ¿que actividades están disponibles para conformar una evaluación?
10	CQ9	¿Cuál es el estado de una evaluación?
11	CQ10	Dada una asignatura y un tema, ¿que actividades se encuentran en estado borrador?
12	CQ11	¿Cuál es el formato de una evaluación?
13	CQ12	¿Cuáles son las cuestiones técnicas asociadas a una evaluación? Qué formato tiene el archivo correspondiente?
14	CQ13	¿Cuáles son los derechos de autor asociados a una evaluación?
15	CQ14	¿Cuales son los descriptores generales de una evaluación?
16	CQ15	Dada una asignatura y un tema, ¿que actividades se encuentran en estado “en revisión”?
17	CQ16	Dada una asignatura y un tema, ¿que actividades no se encuentran disponibles”?
18	CQ17	¿Cuáles son los recursos educativos relacionados con una evaluación?
19	CQ18	¿Para qué audiencia fue diseñada una dada evaluación?
20	CQ19	Dada una serie de palabras clave, ¿cuales son las evaluaciones asociadas?
21	CQ20	Dada una asignatura, ¿cuáles son las evaluaciones que no están disponibles?
22	CQ21	Dada una evaluación, ¿de qué tipo es?
23	CQ22	¿Qué actores están involucrados en una hetero-evaluación?
24	CQ23	¿Qué alumnos respondieron una evaluación?

Figura 3.1. Extracto de las preguntas de competencia formuladas

En la figura 3.2 se muestra el mapa conceptual para las preguntas de competencia formuladas para la red de ontologías AOnet. En la misma se listan todas las preguntas de competencia formuladas.

En las preguntas de competencia se puede observar que algunas hacen referencia a la estructura que tiene la evaluación como ser sus reactivos y los instrumentos usados para conformarlos tales como completar espacios en blanco, pruebas objetivas, etc. También, hay preguntas relacionadas a descriptores de una evaluación como ser su autor, título, fecha de creación, disponibilidad o nivel de complejidad. Además, se observan preguntas relacionadas con los conceptos que se desean evaluar.

Las distintas preguntas de competencia dieron lugar a la identificación de áreas o dominios interrelacionados que son necesarios para completar la especificación de una evaluación.

#### **Tarea 5. Agrupación de los requerimientos funcionales.**

Las preguntas de competencia formuladas fueron agrupadas considerando los usos y usuarios identificados como también las sugerencias de los expertos del dominio.

Los grupos identificados se muestran en la figura 3.3 y fueron los siguientes:

**Grupo Dominio de conocimiento:** Los temas y conceptos correspondientes a una asignatura.

**Grupo Descripción:** La descripción de la evaluación considerada como un recurso educativo.

**Grupo Evaluación:** La estructura de la evaluación, sus actividades y reactivos.

**Grupo Instrumentos:** Los instrumentos o técnicas utilizados para ese proceso.

Para cada uno de estos grupos se identificaron las preguntas de competencia y se generaron los mapas conceptuales correspondientes. De esta manera, el conjunto completo de CQ formuladas para AONet, fueron agrupadas en estos dominios. Estos mapas se presentan en el Anexo B.





Figura 3.2. Mapa conceptual de las preguntas de competencia para AOnet

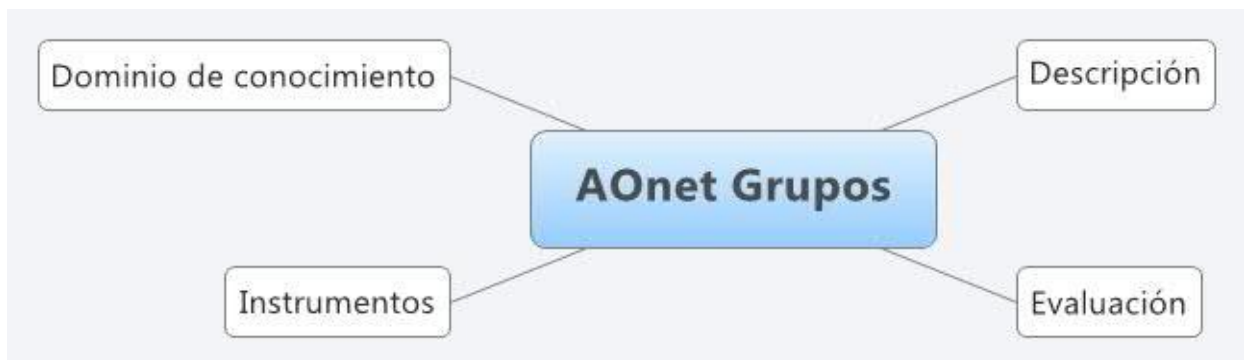


Figura 3.3. Mapa conceptual de los grupos definidos para las preguntas de competencia

### **Tarea 6. Validación del conjunto de requerimientos (tanto funcionales como no funcionales).**

La tarea de validación de los requerimientos se llevó adelante mediante dos ejes fundamentales. Por un lado, la revisión del conjunto de CQs generado. En dicha revisión participó el equipo de desarrollo y fueron consultados docentes expertos de otras asignaturas pertenecientes a las carreras involucradas. Se realizó un estudio de cada CQ en cuanto a: (a) consistencia, es decir, los expertos del dominio verificaron que las preguntas de competencia no poseían inconsistencias y (b) formulación correcta, es decir, los expertos del dominio controlaron la formulación correcta de las preguntas de competencia.

Por otro lado, la revisión se realizó teniendo en cuenta la viabilidad de implementación de los requerimientos identificados. En esta tarea participó solamente el equipo de desarrollo.

### **Tarea 7. Priorizar requerimientos.**

En la etapa de especificación de requerimientos no se llevó a cabo esta tarea. Esto significa que la primera versión de la red de ontologías debe estar disponible para representar el conocimiento contenido en todas las preguntas de competencia.

### **Tarea 8. Extraer terminología y su frecuencia.**

La extracción de los términos principales y su frecuencia se realizó con herramientas específicas. Para extraer los términos principales se utilizó TreeTagger<sup>16</sup> que es un anotador sintáctico. Una vez extraídos los términos de cada grupo, se utilizó Wordle<sup>17</sup> para estimar y visualizar la importancia o peso de cada término mediante la conformación de una nube de palabras. Al finalizar, se utilizó Word para calcular la frecuencia de cada término en cada grupo.

Por ejemplo, la figura 3.4 muestra la nube de palabras obtenida para el grupo evaluación. Este gráfico muestra las palabras que tienen mayor frecuencia escritas con un tamaño de letra grande y disminuye el tamaño de letra en función de la frecuencia de la palabra. Como se observa, las palabras *evaluación* y *asignatura* son las que aparecen con mayor frecuencia, seguida de la palabra *tema*. Otras palabras aparecen con menor frecuencia de acuerdo a los pasos realizados según se indicó anteriormente.

---

<sup>16</sup> <http://www.cis.uni-muenchen.de/~schmid/tools/TreeTagger/>

<sup>17</sup> <http://www.wordle.net>

El Anexo B muestra las diferentes vistas de la utilización de estas herramientas para la obtención final del DERO para AONet.



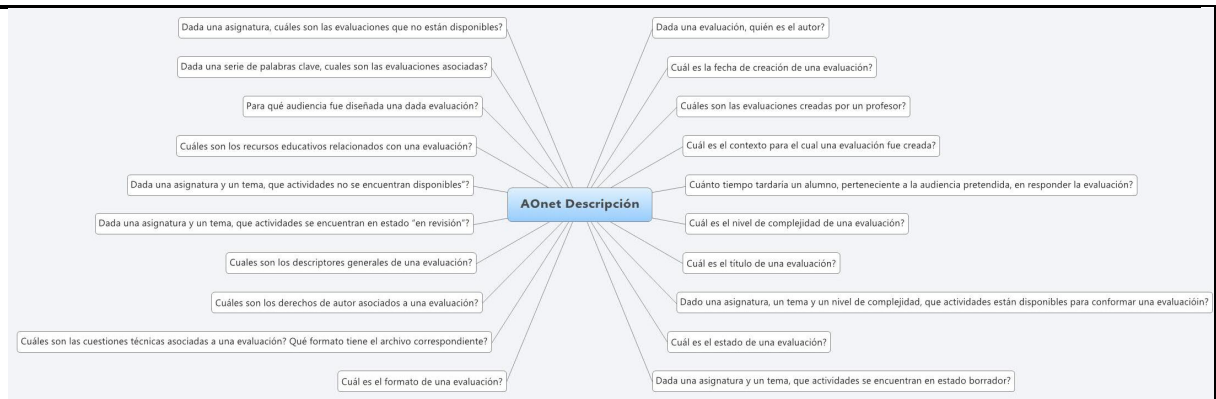
Figura 3.4. Nube de palabras del grupo *Evaluación*

La tabla 3.1 muestra el DERO resultante de la especificación de requerimientos de la red de ontología AONet.

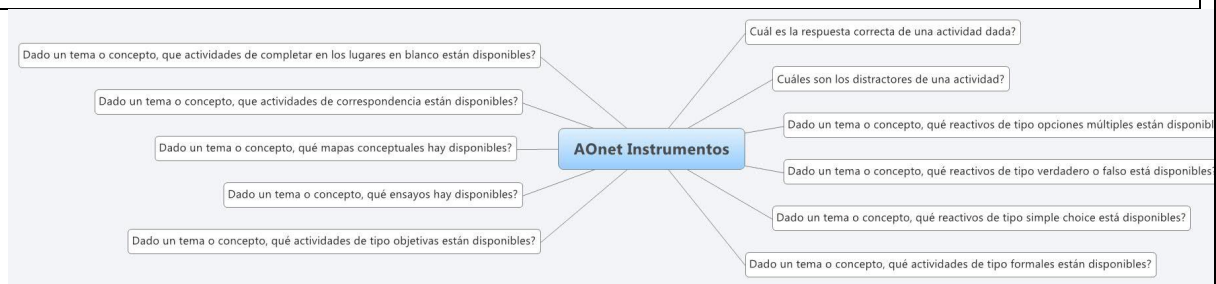
Tabla 3.1 DERO para la red de ontologías AONet

DERO. Documento de especificación de requerimientos de la red de ontologías AONet	
1	<b>Propósito</b>
	El objetivo principal de AONet es dar soporte a la generación de evaluaciones válidas y confiables en entornos de e-learning.
2	<b>Alcance</b>
	Se considerará tanto el dominio de la evaluación propiamente dicho como el de los recursos educativos (OA) utilizados para el proceso de enseñanza aprendizaje y el área de conocimiento que se está evaluando correspondiente a la materia, asignatura o curso que se desea impartir. Se considerará solamente los objetos de aprendizaje de tipo evaluación.
3	<b>Nivel de formalidad</b>
	La red de ontologías será expresada en un lenguaje rigurosamente formal como OWL2 SWRL.
4	<b>Usuarios finales previstos</b>

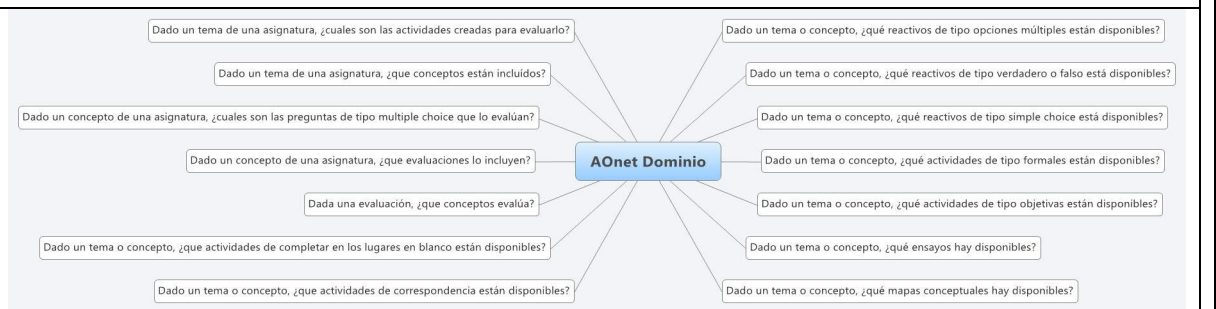
	<p>Usuario 1: docente evaluador (en todos los niveles de responsabilidad)</p> <p>Usuario 2: investigador en el área del elearning.</p>
<b>5</b>	<b>Usos previstos</b>
	<p>Uso 1: Determinar los conceptos a incluir en la evaluación</p> <p>Uso 2: Diseñar una evaluación</p> <p>Uso 3: Describir una evaluación como recurso educativo</p> <p>Uso 4: Mejorar la evaluación desde una perspectiva pedagógica.</p>
<b>6</b>	<b>Requerimientos no funcionales</b>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El trabajo debe ser modular.</li> <li>2. El idioma de la red de ontologías debe ser el inglés tomando como base el idioma de los estándares utilizados. Se implementará la versión en español de cada término utilizado.</li> <li>3. El idioma en el que se van a completar las evaluaciones y sus actividades es el español dado que es el idioma en el que se imparten las clases en las universidades involucradas en el proyecto de desarrollo.</li> </ol>
<b>7</b>	<b>Preguntas de competencia</b>
	<p><b>Grupo Evaluación</b></p> <p><b>Grupo Descripción</b></p>



**Grupo Instrumentos**



**Grupo Dominio de Conocimiento**



8

**Pre-glosario de términos**

Término	Frecuencia
evaluación	25
concepto	22
tema	19
disponible	17
asignatura	13
tipo	13
actividad	9
reactivo	7
asociar	4
opción	4
encontrar	3
estado	3
existir	3
alumno	2

Término	Frecuencia
autoevaluación	1
Borrador	1
Clave	1
coevaluación	1
coevaluación	1
Contexto	1
Correcto	1
Creación	1
Cuestión	1
derecho de autor	1
Descriptor	1
diagnóstica	1
Diseñar	1
Distractor	1

audiencia	2	Educativo	1
autor	2	Específico	1
blanco	2	Fecha	1
complejidad	2	Formal	1
completar	2	Formativa	1
conceptual	2	General	1
conformar	2	Intervenir	1
correspondencia	2	Involucrar	1
ensayo	2	Lugar	1
formato	2	Múltiple	1
Heteroevaluación	2	palabra	1
mapa	2	Profesor	1
nivel	2	Recurso	1
objetivo	2	Referir	1
simple	2	responder	1
`falso	2	Respuesta	1
`verdadero	2	Revisión	1
actor	1	Sumativa	1
agente	1	Técnico	1
archivo	1	Tiempo	1
		Título	1

### 3.2 DOMINIOS DE AONET

Como resultado de la especificación de requerimientos, se identificaron áreas principales o dominios de conocimiento que deben ser modelados e integrados para el desarrollo del marco de trabajo propuesto en esta tesis que de soporte al diseño de evaluaciones válidas y confiables en entornos de e-learning. Las áreas consideradas se mencionan en el idioma inglés, se describen a continuación:

**Dominio del Curso:** es el dominio de conocimiento que se desea impartir en un curso o asignatura perteneciente a una carrera universitaria. Abarca los conceptos y temas comprendidos en el plan de la materia o asignatura. El principal concepto que surge en este dominio es *Course*, que conceptualiza el curso a impartir. Sus principales elementos son: *Unit*, *Temporal relationship*, *Topic* y *Subtopic*. *Artificial Intelligence course*, es un refinamiento de los conceptos que aparecen en esta ontología. Así se pueden definir temas y unidades específicos de Inteligencia Artificial. A los fines de verificar y validar la red implementada, se utilizarán ejemplos tomados de la asignatura Inteligencia Artificial de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica nacional, Facultad Regional Santa Fe. Como se puede apreciar, dentro de este dominio podrían definirse infinidad de ontologías

que describan el dominio de los conceptos impartidos en un curso particular. Dado que este dominio depende del curso en particular, no será desarrollado y queda fuera del alcance de esta tesis.

En la figura 3.5 se muestran los conceptos principales de *Course domain*. En la misma se puede observar que el término *Course* está relacionado al concepto *Plan* a través de la relación *hasPlan* y al concepto *Program* a través de la relación *hasProgram*, indicando que un Curso tiene un plan y un programa. La relación *hasUnit* vincula al concepto *Program* con el concepto *Unit*, expresando que un programa tiene unidades. La relación *hasTheme* vincula a los conceptos *Unit* y *Theme*, modelando que una unidad tiene tópicos o temas. El concepto *Theme* se encuentra vinculado con el concepto *SubTheme* a través de la relación *hasSubThemes*, lo que expresa que un tema del programa de un curso también contiene subtemas. El concepto *Theme* juega un rol importante en la red ya que permite estimar la validez de una evaluación. El concepto *Unit* está relacionado con el concepto *Temporal Relation* a través de la relación *hasTemporalRelation* para expresar que las unidades y temas de un programa tienen un orden. En el mismo se observan algunas instancias correspondientes al curso de Inteligencia Artificial. *AI Unit* es una clase que modela las unidades de la materia Inteligencia Artificial donde se pueden apreciar algunos ejemplos como *Agente*, *Búsquedas* y *Planificación*, todas unidades de la materia tomada como ejemplo.

**Recursos Educativos:** Este dominio conceptualiza los recursos utilizados para impartir la enseñanza tales como trabajos prácticos, guías de ejercicios, evaluaciones, libros, capítulos de libros, etc. También, abarca la descripción de este material como ser fecha de creación, autor, nivel de audiencia, entre otros. La evaluación se considera como un recurso educativo u objeto de aprendizaje (OA).

**Dominio de Evaluación:** Este dominio comprende la evaluación propiamente dicha, su estructura, las actividades que abarca, sus ítems. Es de interés para el área los actores que intervienen en su diseño, el tipo y momento de la misma entre otras cuestiones. También, incluye los instrumentos y técnicas utilizados para evaluar el conocimiento de los alumnos en el proceso de evaluación. Es decir, en este dominio interesa el modelado de la estructura de la evaluación y de los instrumentos utilizados para tal fin.

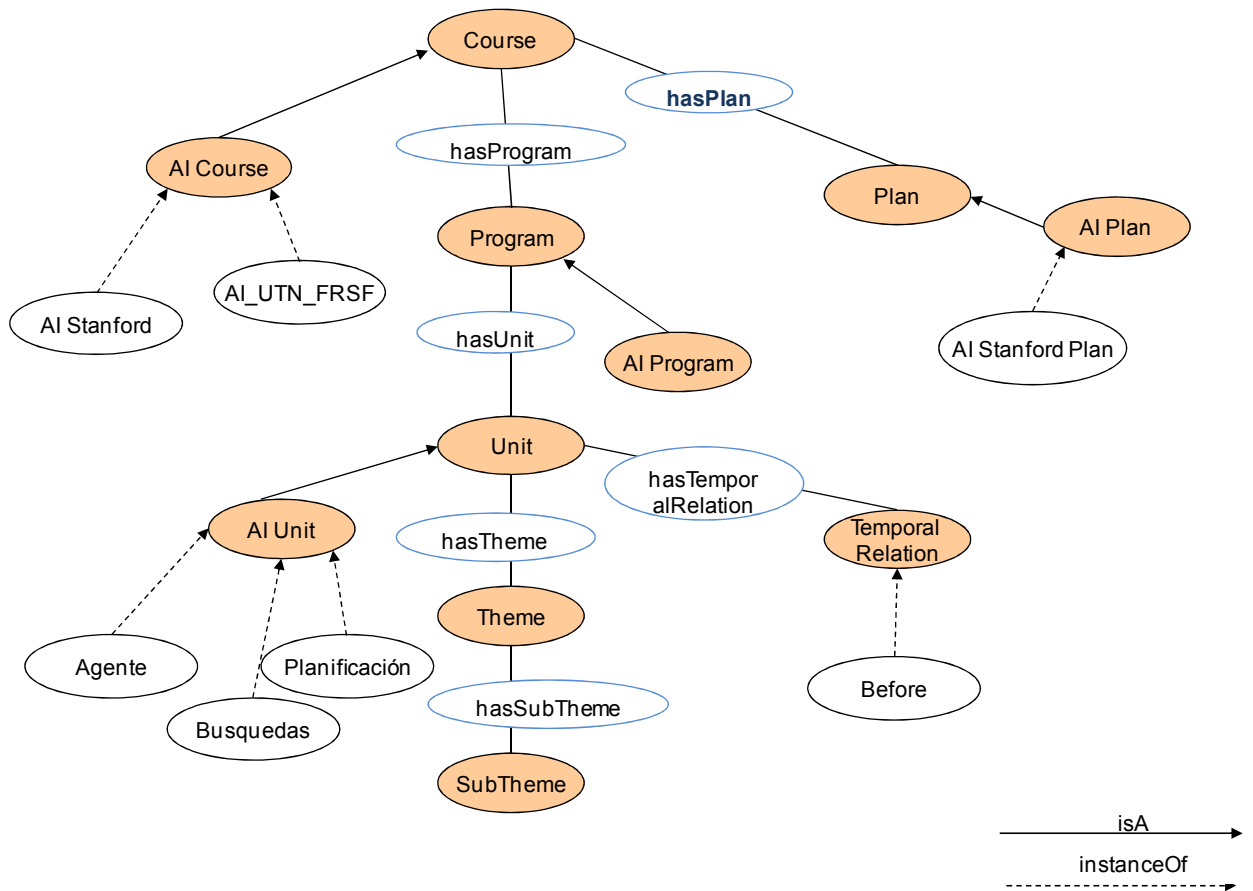


Figura 3.5: Términos principales del dominio Curso

En la figura 3.6 se pueden observar la estructura general de la red de ontologías derivada de la etapa de especificación de requerimientos realizada. En la misma se pueden observar las áreas identificadas con las ontologías vinculadas entre sí conformando la primera versión de la red.

### 3.2.1 Metarelaciones en la red de ontología

Como se expresara anteriormente, en el dominio Course Domain se definen las ontologías Course domain specification y la ontología Artificial Intelligence course. La primera ontología modela la estructura de un curso y la segunda ontología modela la estructura del curso Inteligencia Artificial en particular refinando, de esta manera a la primera.

La ontología *Artificial Intelligence course* tiene una relación *isAConservativeExtentionOf* con la ontología Course domain specification dado que, por ejemplo, el concepto *Unit* de la ontología *Course Domain Specification* es extendido a través de una relación de herencia por el concepto *Artificial Intelligence Unit* de la ontología *Artificial Intelligence Course*. La clase *AI course* corresponde a la clase del curso de Inteligencia Artificial. La relación *isAConservativeExtentionOf* describe una extensión de la ontología *Course domain specification* por un número de componentes



adicionales, contenidos en la ontología *Artificial Intelligence course*, los cuales describen lo que no está cubierto por la ontología *Course domain specification*. De esta manera, se articula la estructura general de un curso y los componentes particulares de una asignatura dada.

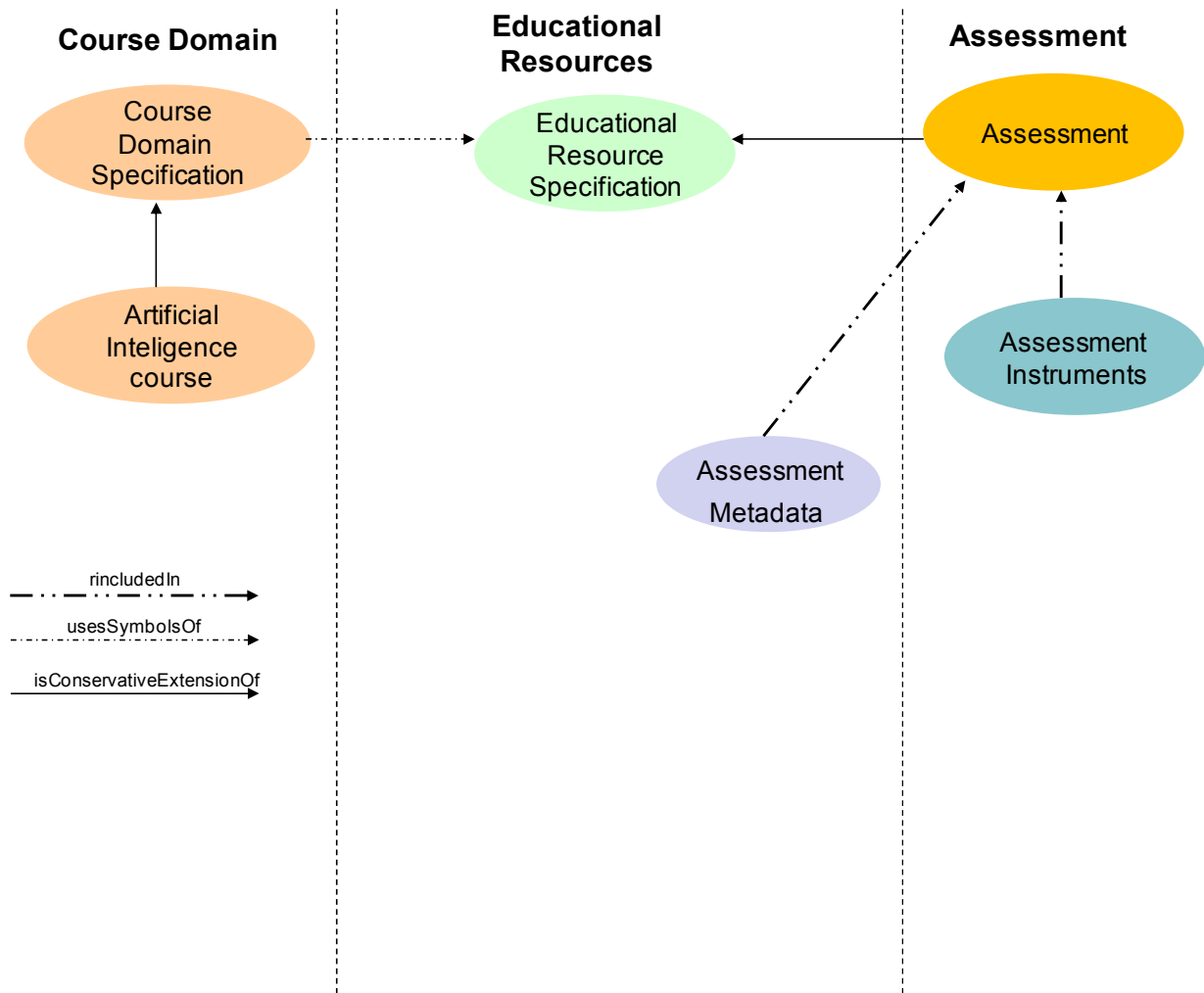


Figura 3.6 Red de ontologías AOnet

En el dominio *Educational Resources* se definen las ontologías *Educational resource specification* y la ontología *Assessment Metadata*. La ontología *Educational resource specification* modela los recursos educativos u Objetos de Aprendizaje utilizados para la enseñanza: libros, apuntes, trabajos prácticos, etc. De esta ontología interesa particularmente el concepto *Educational Resource* dado que para el desarrollo de la tesis interesa solamente la evaluación de todos los conceptos que modela el término *Educational Resource*.

La ontología *Course domain specification* se vincula con la ontología *Educational Resource Specification* a través de la relación *usesSymbolsOf*, (Díaz y colab., 2011) dado que reusa algunos conceptos pero cada uno cumple su rol. Es decir, la ontología *Course domain specification* reusa componentes (OA) de la ontología *Educational Resource Specification* tales como apuntes, trabajos prácticos, libros para el dictado del curso. *UsesSymbolsOf* se presenta dado que la ontología *Course domain specification* define propiedades que toman valor en individuos que son clasificados por clases de la ontología *Educational Resource Specification*. *UsesSymbolsOf* vincula las ontologías *Course domain specification* y *Educational Resource Specification* de tal manera que se abstrae de la ontología *Educational Resource Specification* particular que se está importando y se centra en cambio en los símbolos de *Educational Resource Specification* que van a ser reutilizados.

En el dominio *Assessment* se definen las ontologías *Assessment* e *Instrument*. La ontología *Assessment* modela la estructura física de una evaluación, su tipo, momento, aspectos pedagógicos, etc. y la ontología *Instrument* modela los instrumentos y técnicas utilizadas en una evaluación (ensayos, preguntas de correspondencia, de opciones simples, etc).

La ontología *Assessment* se relaciona con la ontología *Educational Resource Specification* a través de la relación *isAConservativeExtentionOf* lo que implica que una evaluación es un recurso educativo. El concepto *Assessment* de la ontología *Assessment* es un tipo de Recurso Educativo. En este sentido, se estaría haciendo énfasis en las evaluaciones como el recurso educativo principal en este desarrollo de tesis. Por este motivo, en la ontología *Educational Resource Specification* solamente se considera para la implementación el concepto principal *Educational Resource*.

En el dominio *Educational Resource* se incluye, también, la ontología *Assessment Metadata* que modela los metadatos utilizados para la descripción de las evaluaciones del proceso de enseñanza.

La ontología *Assessment* incluye a la ontología *Assessment Metadata* mediante la relación *includedIn*. La misma existe dado que hay una sentencia explícita en *Assessment* que indica que importa a la ontología *Assessment Metadata* usando la primitiva owl:import (Allocca y colab., 2009), incluyéndola en su totalidad. De esta manera se incorporan los metadatos que describen una evaluación para facilitar su localización y reuso, por ejemplo su título, su autor, el estado, etc.

La ontología *Assessment* también se relaciona con la ontología *Instrument* a través de la relación *includedIn* expresando que los instrumentos están a disposición para ser utilizados en una evaluación. La ontología *Assessment* incluye entonces a la ontología *Instrument* incorporando todos

sus componentes por completo y, de esta manera, se articula la estructura general de una evaluación con los instrumentos y técnicas utilizadas (preguntas de tipo opciones múltiples, ensayos, preguntas de tipo verdadero o falso, etc).

En los siguientes capítulos se describirá el desarrollo e implementación de las ontologías que están dentro del alcance de esta tesis. Principalmente se detallarán las ontologías: *Assessment*, *Assessment Metadata* e *Instrument* necesarias para alcanzar el objetivo de esta tesis. Las ontologías *Course Domain Specification*, *Artificial Intelligence* y *Educational Resource Specification* fueron identificadas dentro de la red, definidas las metarelaciones que las vinculan con las ontologías restantes, se identificaron términos principales pero no desarrolladas completamente.

### 3.3 CONCLUSIONES

En este capítulo se presentaron las tareas realizadas en el marco de la especificación de requerimientos para el desarrollo de la red de ontologías AONet.

Para ello, se siguieron las tareas comprendidas en la metodología NeON para la identificación de requerimientos funcionales en la cual se propone la definición de preguntas de competencia como punto de partida para la identificación de términos fundamentales comprendidos en los dominios involucrados en la red.

Luego de la actividad de especificación de requerimientos se identificaron áreas principales para el desarrollo de la red de ontologías AONet, entre las que se encuentra (a) el dominio de conocimiento (Course Domain) que es tema del proceso de enseñanza aprendizaje, abarcando los conceptos y temas comprendidos en una materia o asignatura, (b) la Evaluación (Assessment), donde se considera la estructura de una evaluación y los instrumentos utilizados para evaluar el conocimiento de los alumnos en ese proceso, (c) La Descripción (Educational Resource), comprendiendo la descripción de las evaluaciones para su localización, recuperación y reutilización.

Como resultado de la especificación de requerimientos se elaboró el DERO que sirvió de base para el diseño de las ontologías componentes de la red y las metarelaciones que vinculan a las mismas.

En los capítulos siguientes se irán describiendo cada una de las ontologías involucradas.



## CAPÍTULO 4: DOMINIO EVALUACIÓN (Assessment Domain)

En este capítulo se realiza el desarrollo de las ontologías pertenecientes al dominio Evaluación. Este dominio se abordó primeramente dado que involucra el concepto principal de nuestro desarrollo. Las ontologías incluidas en este dominio fueron desarrolladas desde la especificación hasta la implementación.

Esta actividad forma parte del Escenario 1: Desarrollo de redes de ontologías desde la especificación hasta la implementación de la metodología NeOn utilizada para el desarrollo e implementación de la red de ontologías AOnet. Dado que la metodología NeOn no propone actividades concretas para ello, se seguirán las tareas propuestas en la metodología Methontology también descrita en el Capítulo 2.

Así, en la Sección 4.1 se describen las actividades llevadas adelante para el desarrollo de las ontologías del dominio *Evaluación* en el marco de la metodología Methontology, en particular se describe el desarrollo de la ontología *Assessment*. En la sección 4.2 se describen las actividades llevadas adelante para el desarrollo de la ontología *Instrument*. En la sección 4.3 se presenta la integración, verificación y validación de las ontologías desarrolladas. Finalmente, se discuten las conclusiones del capítulo.

### 4.1 ONTOLOGÍA ASSESSMENT

Para el desarrollo de la ontología *Assessment* se siguieron las actividades propuestas en la metodología Methontology descrita en el Capítulo 2, sección 2.3.5. El principal objetivo de construcción de esta ontología es contar con una descripción semántica y formal de una evaluación, de manera de guiar su desarrollo, en un contexto de e-learning (Romero y colab., 2013), (Romero y colab., 2013), (Romero y colab., 2012). (Romero y colab., 2012a).

Como se explicó en el Capítulo 3, sección 3.2, esta ontología modela la estructura de una evaluación en un proceso de enseñanza aprendizaje considerando el contexto del e-learning y puede ser pensada como un elemento que proporciona información para orientar y mejorar este proceso. Teniendo en cuenta el marco de trabajo presentado en el Capítulo 1, en lo siguiente se resumen los conceptos principales considerados para la ontología *Assessment*.

Una evaluación puede ser considerada desde un punto de vista estructural como compuesta por una o más actividades, donde una actividad es un ejercicio que evalúa un tema en particular del dominio. Cada actividad está compuesta por uno o más reactivos.

Hay un momento en el proceso de enseñanza aprendizaje en el que la evaluación tiene efecto (Arredondo, 2002). Si la evaluación es temprana en el proceso, es una evaluación diagnóstica y su objetivo es determinar el nivel de conocimiento de un alumno antes del comienzo del proceso de aprendizaje para permitir la regulación y adaptación de acuerdo a los resultados. Si se realiza la evaluación durante el proceso de enseñanza aprendizaje, con el fin de realizar un seguimiento de ella, la evaluación es formativa y su objetivo es dar información a los alumnos y educadores acerca de la comprensión de los alumnos del contenido específico impartido. Si la evaluación se produce al final del proceso, con el objetivo de comprender la tasa de aprendizaje, es una evaluación sumativa y su objetivo es un juicio para obtener una calificación o acreditación.

Hay agentes que juegan diferentes roles en la evaluación. Un agente puede ser profesor, alumno, autor o administrador. Estos agentes pueden asumir diferentes roles tales como evaluar o ser evaluado.

En función de los roles que cada agente asume en una evaluación particular, la evaluación se puede clasificar en: Auto-evaluación, hetero-evaluación y co-evaluación. La autoevaluación es la evaluación en la que un alumno evalúa su propio progreso en el proceso de aprendizaje. En este caso, el alumno asume ambos roles: ser evaluado y ser evaluador. La hetero-evaluación es una clase de evaluación donde los agentes implicados son profesor y alumno, y el profesor evalúa un alumno. Este es un enfoque clásico y tradicionalmente se presenta en el proceso de enseñanza aprendizaje, donde el educador juega el rol de evaluador y el alumno es evaluado. La co-evaluación es la evaluación por pares y se puede presentar entre alumnos o entre los educadores donde los agentes juegan ambos roles de evaluador y de evaluado.

En este contexto, para el desarrollo de las ontologías del dominio Evaluación se llevaron a cabo las siguientes etapas:

### **Especificación de requerimientos**

Esta actividad es intrínseca a la actividad de especificación de requerimientos realizada para la red de ontologías. Como resultado de la misma se obtuvo el DERO presentado en el Capítulo 3. Para el desarrollo de la ontología *Assessment* en particular, se consideraron dichos resultados. En

este sentido los requerimientos identificados para la red, son también parte de los requerimientos de *Assessment*.

Según el mapa conceptual de las CQ elaborado para el dominio *Assessment*, (Figura A.3, Anexo B), existen preguntas relacionadas a la estructura física de la evaluación, a su clasificación de acuerdo al momento en el que la misma tiene efectos y su clasificación de acuerdo a los diferentes roles que pueden jugar los agentes que intervienen en la misma. En virtud de este mapa se realizó la conceptualización indicada a continuación, de manera de cubrir dichos requerimientos.

### Conceptualización

En esta etapa se organizó el conjunto de términos y sus características en una representación intermedia para una mejor comprensión de la ontología por parte del desarrollador y de los expertos del dominio. Para ello, se construyó un glosario de términos, un modelo conceptual, un diccionario de conceptos y tablas de axiomas lógicos.

En la tabla 4.1 se muestra el glosario de términos realizado. Para su confección se utilizaron los vocablos en idioma inglés, dado que fue uno de los requerimientos no funcionales establecidos en la etapa de identificación de requerimientos de la red de ontologías. En la tabla se muestran los términos, sus sinónimos que en este caso representan su equivalente en el idioma Español, y una breve descripción que de la idea de su significado. El principal término de esta tabla es *Assessment* que representa el material educativo utilizado en el proceso de enseñanza-aprendizaje para evaluar el conocimiento adquirido por los estudiantes. Otros términos que fueron identificados están relacionados a los roles que juegan los participantes, así es posible identificar a estudiantes (*Learner*) y educadores o profesores (*Educator*), donde unos tienen como prioridad aprender y adquirir nuevos conocimientos y los otros tienen como responsabilidad el impartir el conocimiento. Ambos participan de una evaluación, ya sea realizando las actividades propuestas en la misma para medir su grado de adquisición del conocimiento y el otro como responsable de la enseñanza y de la evaluación de la misma. Otros términos que aparecen están asociados a la estructura física que tienen una evaluación como recurso educativo: la misma es un objeto digital o no formado por actividades que a su vez están compuestas por reactivos. Dado que una evaluación debe medir de alguna manera el grado de adquisición del conocimiento por parte del alumno, es importante que las actividades tengan asociadas rúbricas que indican el valor numérico de una actividad en función del grado de adecuación de la respuesta que sea dada por el alumno.

Tabla 4.1. Glosario de términos de la ontología *Assessment*

<b>Término</b>	<b>Sinónimo</b>	<b>Descripción</b>
<i>Assessment</i>	<i>evaluación</i>	Recurso educativo utilizado para estimar el conocimiento adquirido por los alumnos en el proceso de enseñanza aprendizaje.
<i>Subject</i>	<i>tema</i>	Materia que se enseña en una carrera universitaria y que corresponde a un plan de estudios de la misma.
<i>Learner</i>	<i>estudiante</i>	Persona que recibe instrucción de parte de un profesor y que se encuentra inscripto a una carrera universitaria.
<i>Educator</i>	<i>Teacher, Professor, Profesor, educador</i>	Responsable del proceso de enseñanza aprendizaje de una asignatura correspondiente a una carrera universitaria correspondiente a cualquier nivel de cargo docente universitario.
<i>Learning Object</i>	<i>Objeto de aprendizaje</i>	Concepto abstracto que engloba toda entidad de naturaleza digital o no digital que puede ser utilizada en el proceso de enseñanza.
<i>Activity</i>	<i>actividad</i>	Ejercicio de aprendizaje diseñado para dar a los estudiantes la oportunidad de practicar los nuevos conocimientos o habilidades de una manera estructurada y medible
<i>Reactive</i>	<i>Ítem, reactivo</i>	Pregunta a contestar, afirmación a valorar, problema a resolver, característica a cubrir o acción a realizar. Un reactivo es una parte de una actividad.
<i>Rubric</i>	<i>rúbrica</i>	Una rúbrica es un conjunto de criterios y estándares, generalmente relacionados con objetivos de aprendizaje, que se utilizan para evaluar un nivel de desempeño o una tarea.
<i>Metric</i>	<i>medida</i>	Medida que permite reconocer la extensión de un texto
<i>Formative Assessment</i>	<i>Evaluación formativa</i>	Es la evaluación que se lleva a cabo en el transcurso del curso o período y se emplea por docentes durante el proceso de aprendizaje para modificar las estrategias de enseñanza y las actividades didácticas para mejorar los aprendizajes.
<i>Sumative Assessment</i>	<i>Evaluación sumativa</i>	Es la evaluación que se realiza al final de un período de cursos y se emplea por docentes para valorar los resultados de los aprendizajes.
<i>Diagnostic Assessment</i>	<i>Evaluación diagnóstica</i>	A través de ella, y sin fines de calificación, se pretende conocer los antecedentes académicos de los estudiantes en relación a la temática de un evento.
<i>Heteroassessment</i>	<i>Hetero-evaluación</i>	Es la evaluación clásica que se presenta tradicionalmente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, donde el educador desempeña el papel de evaluador y el alumno asume el rol de ser evaluado.
<i>Coassessment</i>	<i>Co-evaluación</i>	Es la evaluación por pares. Se puede hacer entre los alumnos o entre los educadores quienes juegan los dos papeles de evaluador y de evaluado.



<b>Término</b>	<b>Sinónimo</b>	<b>Descripción</b>
<i>Selfassessment</i>	<i>Auto-evaluación</i>	La autoevaluación es la evaluación en la que un alumno evalúa su propio progreso en el proceso de aprendizaje. Luego, el alumno asume dos papeles: ser evaluador y evaluado.
<i>Agent</i>	<i>Agente</i>	Concepto abstracto que engloba a toda persona que que juega un rol en la evaluación
<i>Manager</i>	<i>Administrador</i>	Administrador de la evaluación
<i>Score</i>	<i>Calificación</i>	Calificación asignada a una evaluación o actividad relacionada.
<i>Moment</i>	<i>Momento</i>	Momento del proceso de enseñanza aprendizaje en el que la evaluación tiene lugar.
<i>Pedagogical Principles</i>	<i>Principios pedagógicos</i>	Recomendaciones o buenas prácticas para diseñar evaluaciones pedagógicamente correctas

Una vez identificados los términos más relevantes, se definieron las relaciones que existen entre los mismos, estas relaciones se muestran en la tabla 4.2. Como se observa, se especifica el nombre de la relación, los conceptos que se encuentran relacionados, su cardinalidad que indica la cantidad de instancias de este concepto que pueden intervenir en la relación y la relación inversa. Por ejemplo, para relacionar el concepto *Assessment* con *Activity*, se utilizó una relación *isComposedBy* que representa una relación de composición. Más adelante se explica con mayor detalle.

Tabla 4.2. Relaciones entre conceptos de la ontología Assessment

Nombre de la relación	Concepto fuente	Cardinalidad fuente (max)	Concepto destino	Relación inversa
<i>HasMoment</i>	Assessment	1	Moment	<i>isMomentOf</i>
<i>IsComposedBy</i>	Assessment	N	Activity	<i>isPartOf</i>
<i>HasRubric</i>	Assessment	N	Rubric	<i>isRubricOf</i>
<i>isComposedByReactive</i>	Activity	N	Reactive	<i>isReactiveOf</i>
<i>HasDegree</i>	Score	1	Degree	<i>isDegreeOf</i>
<i>HasAspect</i>	Score	1	Aspect	<i>isAspectOf</i>
<i>HasAgent</i>	Assessment	N	Agent	<i>isAgentOf</i>
<i>HasSelfEvaluator</i>	Selfassessment	1	Learner	<i>isSelfEvaluatorOf</i>
<i>HasEvaluator</i>	Heteroassessment	1	Educator	<i>isEvaluatorOf</i>
<i>HasCoEvaluator</i>	Coassessment	1	Educator	<i>isCoEvaluatorOf</i>
<i>HasSelfAssessed</i>	Selfassessment	1	Learner	<i>isSelfAssessedIn</i>
<i>HasAssessed</i>	Heteroassessment	N	Learner	<i>isAssessedIn</i>
<i>HasCoAssessed</i>	Coassessment	1	Educator	<i>isCoAssessedIn</i>
<i>HasFailure</i>	Assessment	N	Pedagogical Principle	<i>isFailureIn</i>

La Figura 4.1 muestra el modelo de la ontología resultante. Se considera una buena práctica que las normas y estilo de codificación léxica para nombrar elementos sean homogéneos dentro de la ontología. Por lo tanto, todos los conceptos fueron definidos en singular, y el nombre de una clase se define utilizando mayúsculas para la inicial, mientras que para el nombre de la relación, generalmente compuestas por varias palabras, se utiliza la convención capitalización medial o CamelCase comenzando el primer nombre con minúscula. Como se utilizan los términos en el idioma inglés, los mismos se indican con formato itálica en el texto. Las relaciones inversas definidas en las tablas no se incluyen en el modelo para mejorar la claridad del mismo.

El concepto principal de la ontología *Assessment* es la clase *Assessment*. Esta clase modela las evaluaciones.

La clase *Assessment* se especializa en las clases *CoAssessment*, *SelfAssessment* y *HeteroAssessment*, modelando los distintos tipos de evaluación: coevaluación, autoevaluación y heteroevaluación respectivamente según el rol que jueguen los actores evaluadores y evaluados que participan en ella.

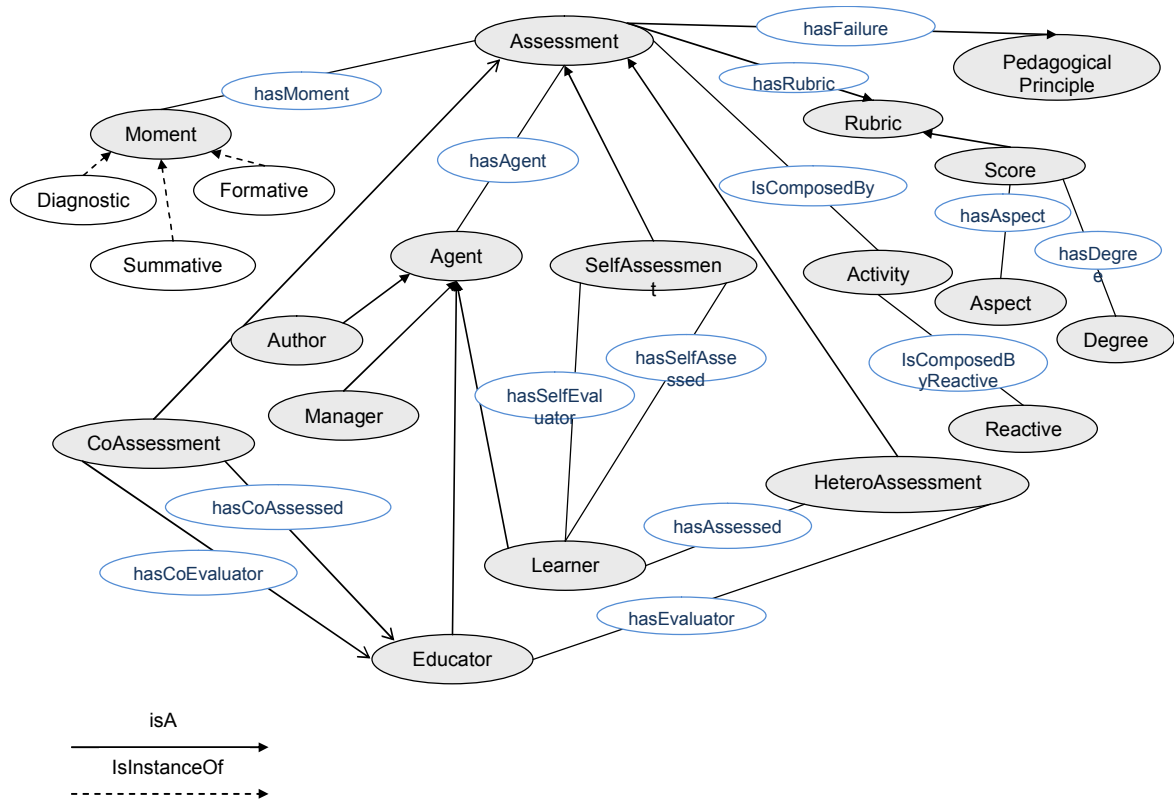


Figura 4.1. Modelo de la ontología Assessment

Los actores participantes se encuentran modelados en la clase *Agent* y están especializados en las subclases *Author*, que modela a los docentes que diseñan la evaluación, *Manager*, que modela al docente que administra la evaluación, *Educator*, que modela a los docentes que evalúan, y *Learner*, que modela a los alumnos evaluados.

Por lo tanto, la clase *Assessment* está relacionada con la clase *Agent* a través de la relación *hasAgent*. Esta relación expresa que una evaluación tiene como agente a un miembro de la clase *Agent*. Luego, si se considera la clase *HeteroAssessment*, una instancia de esta clase se relacionará con instancias de la clase *Learner* a través de la relación *hasAssessed*, significando que en una heteroevaluación el evaluado siempre es un alumno. También se relacionará con la clase *Educator* a través de la relación *hasEvaluator*, expresando que en este tipo de evaluaciones siempre el evaluador es un profesor.

Esta situación se modifica cuando se considera una autoevaluación, clase *SelfAssessment*. Una instancia de esta clase se relacionará con instancias de la clase *Learner* a través de la relación *hasSelfAssessed* y de la relación *hasSelfEvaluator*, significando que en una autoevaluación el evaluado y evaluador siempre es el mismo alumno.

En el caso de una coevaluación, una instancia de la clase *CoAssessment* se relacionará con instancias de la clase *Educator* a través de la relación *hasCoAssessed* y *hasCoEvaluator*, significando

que en una coevaluación el evaluado y evaluador siempre es un profesor sin que esta instancia corresponda al mismo individuo de la clase *Educator*, ya que es una evaluación entre pares.

En todos los casos se definieron relaciones inversas para permitir la doble navegabilidad del modelo. Es decir, en el modelo se muestra solamente la relación principal pero se definieron todas las relaciones inversas otorgándole un nombre adecuado para significar la navegación en sentido contrario. Por ejemplo, la relación *hasAgent* tiene su relación inversa en *isAgentOf*, expresando que cualquiera de las clases de agentes mencionadas son agentes de una dada evaluación. La relación inversa de *hasEvaluator* es *isEvaluatorOf*, expresando que un profesor juega el rol de evaluador en una heteroevaluación y la relación *hasAssessed* tiene su relación inversa en *isAssessedIn*, expresando que un alumno es el agente evaluado en una heteroevaluación.

La clase *Moment* tiene tres instancias: *diagnostic*, *summative* y *formative* que representan la clasificación de una evaluación según el momento en que tenga lugar. La clase *Assessment* se relaciona con la clase *Moment* a través de la relación *hasMoment*, expresando que una evaluación tiene un momento en el proceso de enseñanza y, de acuerdo a ese momento, se considera como diagnóstica, formativa o sumativa. La relación inversa de *hasMoment* es *isMomentof*, expresando que alguna de las instancias de la clase *Moment* son momentos de la evaluación.

En cuanto a la composición de la evaluación, la relación *isComposedBy* establece que una evaluación se compone de actividades, es decir, la relación *isComposedBy* relaciona la clase *Assessment* con la clase *Activity*. A su vez, la clase *Activity* se relaciona con la clase *Reactive* a través de la relación *isComposedBy*, expresando que las actividades tienen uno o más reactivos.

Por último, en el modelo se destaca la clase *PedagogicalPrinciple* cuyas instancias corresponden a principios pedagógicos que llevados a la práctica por los profesores permiten conformar una evaluación pedagógicamente confiable. Instancias de esta clase pueden ser recomendaciones como la siguiente: En una actividad de opciones múltiples no debe haber una opción del tipo “ninguna de las anteriores”.

La clase *Assessment* está relacionada con la clase *PedagogicalPrinciple* a través de la relación *hasFailure*. Esta relación vincula las evaluaciones, instancias de la clase *Assessment*, que no cumplen con alguna de las recomendaciones o principios pedagógicos que se implementan como instancias de la clase *PedagogicalPrinciple*, identificando puntualmente cuál de esos principios es el que no se cumple.

Por ejemplo, si se considera la evaluación de Inteligencia Artificial de la figura 4.2, correspondiente a un examen final del curso *Introduction to Artificial Intelligence*, dictado por P. Norvig y S. Thrun de la Universidad de Standford<sup>18</sup>, la misma es una hetero-evaluación, y dado que se trata de una evaluación final de un curso, es una evaluación sumativa. Como muestra la figura, esta evaluación tiene un título y dos actividades, siendo la primera 1: Search y la segunda 2: Machine learning.

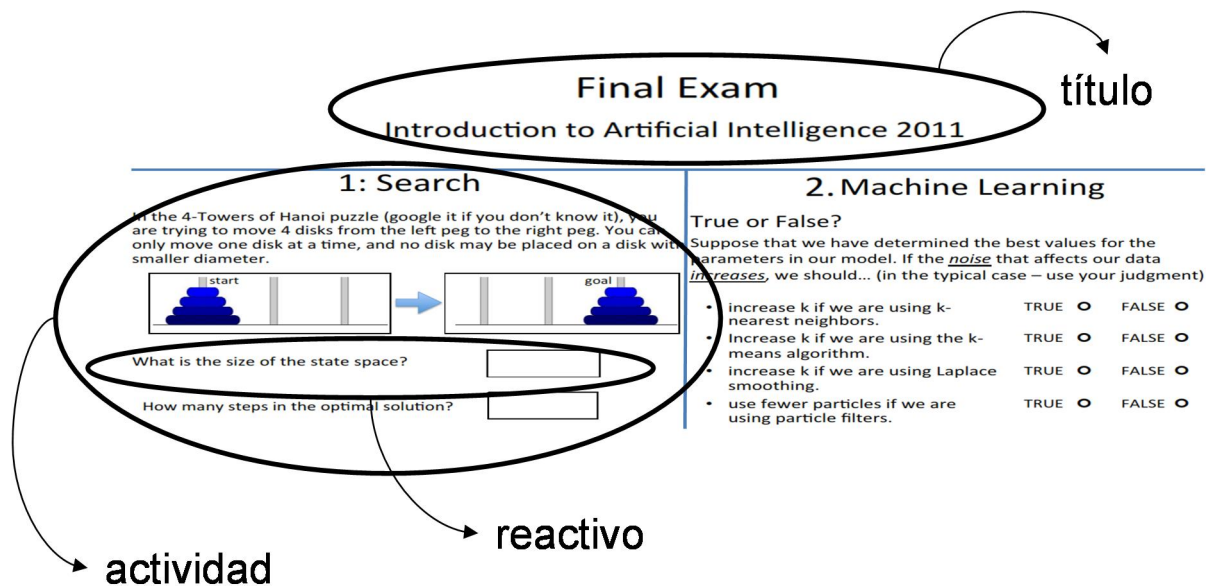


Figura 4.2. Examen final perteneciente al dominio de la Inteligencia Artificial

La actividad 1 tiene dos reactivos que son ítems para completar. La actividad 2 tiene cuatro reactivos de tipo verdadero/falso. Los tipos de reactivos serán conceptualizados y formalizados en la ontología *Instrument*.

Los agentes que intervienen en esta evaluación son los profesores, en este caso P. Norvig y S. Thrun y el estudiante que realizó el curso que se llama María.

También se considera en el modelo la clase *Rubric* que se relaciona con la clase *Assessment* a través de la relación *hasRubric* modelando los criterios asociados a la evaluación. La relación tiene su relación inversa denominada *isRubricOf*.

Si bien la corrección de las evaluaciones no es parte del alcance de la tesis, la clase *Rubric* tiene una subclase *Score* para determinar el puntaje asociado a la evaluación. Esta clase tiene un aspecto modelado en la clase *Aspect* y una escala modelada en la clase *Degree*. En ambos casos las clases se relacionan con *hasDegree* y *hasAspect* respectivamente.

<sup>18</sup> <https://www.udacity.com/course/cs271>

## Formalización

Antes de la implementación de la ontología, se formalizaron reglas y axiomas con el fin de restringir la forma en que las relaciones se pueden llevar a cabo, dado que la definición de las relaciones por sí sola no es suficiente para definir el tipo de evaluación que se presenta de acuerdo con los agentes implicados.

La Tabla 4.3 muestra los axiomas definidos para restringir diferentes tipos de agentes implicados en *SelfAssessment*, *HeteroAssessment* y *CoAssessment*. Estos axiomas se han escrito en lógica de primer orden.

Tabla 4.3. Axiomas para restringir los agentes involucrados en una evaluación

Descripción	Lógica
Una coevaluación tiene lugar entre pares educadores	$\mathfrak{I} \models (\forall x, y, z (\text{CoAssessment}(x) \wedge \text{hasCoEvaluator}(x, y) \wedge \text{hasCoAssessed}(x, z) \wedge y \neq z) \Rightarrow ((\text{Educator}(y) \wedge \text{Educator}(z))))$
Una heteroevaluación tiene un educador como evaluador y un alumno como evaluado	$\mathfrak{I} \models (\forall x, y, z (\text{HeteroAssessment}(x) \wedge \text{hasEvaluator}(x, y) \wedge \text{hasAssessed}(x, z)) \Rightarrow (\text{Educator}(y) \wedge \text{Learner}(z)))$
Una autoevaluación tiene un alumno que asume los roles de evaluador y evaluado	$\mathfrak{I} \models (\forall x, y (\text{SelfAssessment}(x) \wedge \text{hasSelfEvaluator}(x, y) \wedge \text{hasSelfAssessed}(x, y)) \Rightarrow \text{Learner}(y))$
Una evaluación siempre tiene un autor	$\mathfrak{I} \models (\forall x \text{Assessment}(x) \Rightarrow \exists y (\text{hasAgent}(x, y) \wedge \text{Author}(y)))$

## Implementación

La ontología *Assessment* se implementó siguiendo el modelo conceptual presentado anteriormente en OWL2. La Figura 4.3 muestra una captura de pantalla de protegé donde se observa la jerarquía de clases de *Assessment* en el panel de la derecha. Las clases *Author*, *Educator*, *Learner* y *Manager* especializan a la clase *Agent*, expresando los diferentes tipos de agentes que intervienen en una evaluación. También se pueden apreciar los diferentes tipos de evaluación a través de la especialización de la clase *Assessment* en las clases *Coassessment*, *Heteroassessment* y *Selfassessment*. También se pueden apreciar las clases *Activity* y *Reactive* modelando las diferentes partes identificadas para una evaluación. Sobre el panel de la izquierda de esta misma figura se observan las instancias de la clase *Moment*: *diagnostic*, *formative* y *summative*, que modela las evaluaciones Diagnóstica, Formativa y Sumativa respectivamente.

La Figura 4.4 muestra una captura de pantalla del editor de ontologías donde se muestran en el panel de la derecha las propiedades definidas para la ontología *Assessment*. Sobre el panel de la izquierda se puede ver en detalle la definición de la relación *hasAssessed* que tiene como dominio la clase *Heteroassessment* y como rango la clase *Educator*. Esta relación expresa que una heteroevaluación va a tener siempre como evaluado a un alumno. También se aprecia su relación inversa *isEvaluatorOf*.

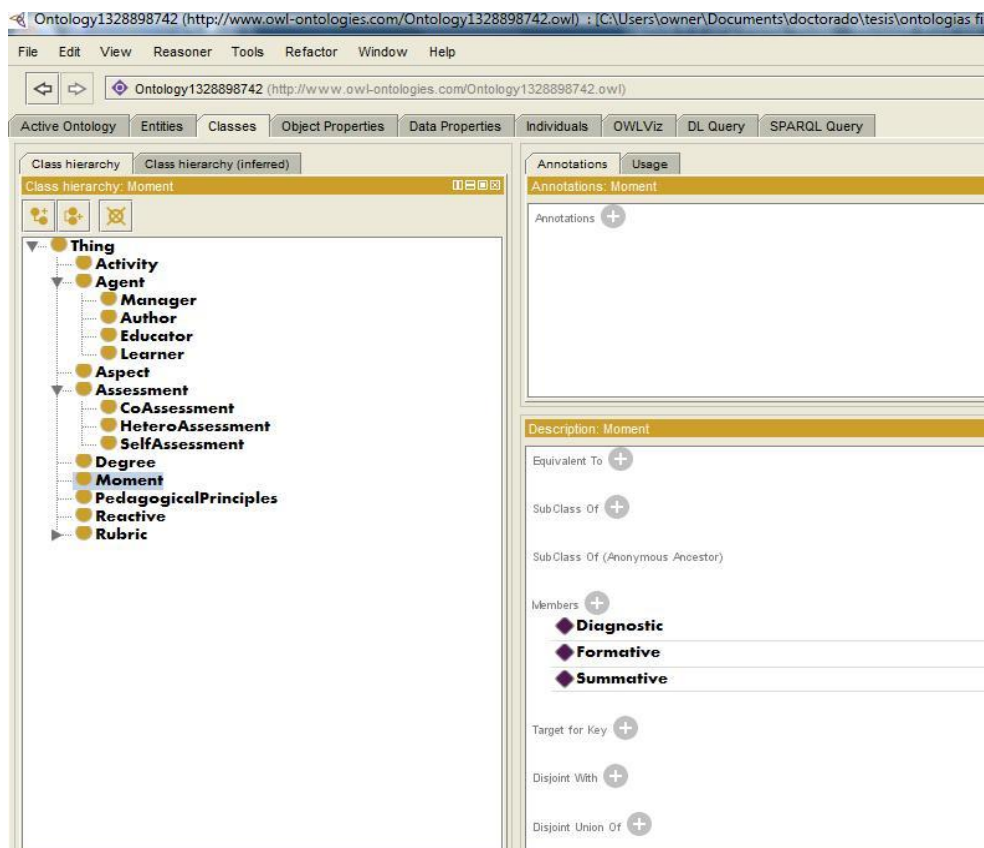


Figura 4.3. Imagen de protegé de la ontología Assessment.

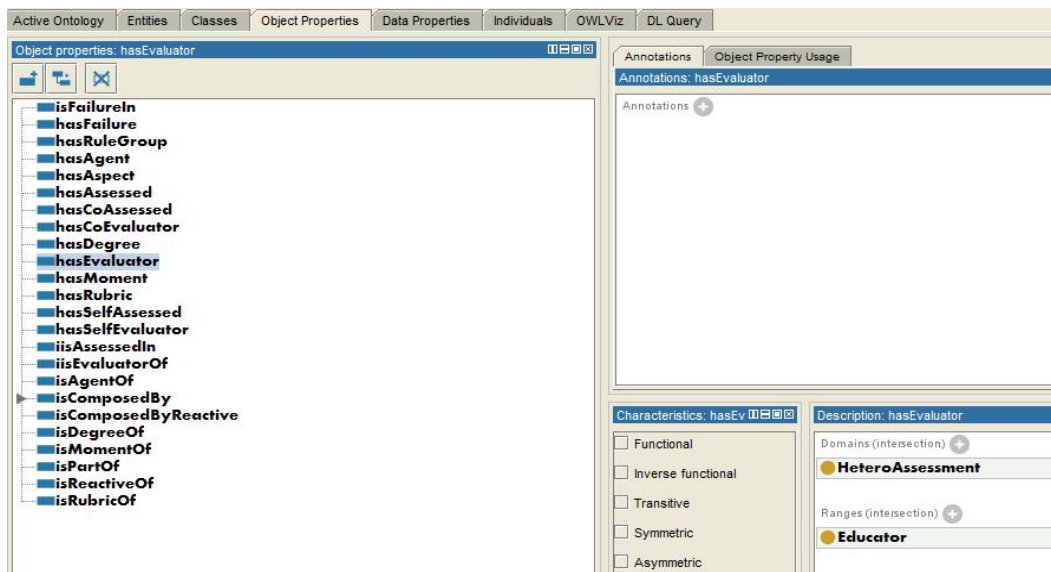


Figura 4.4. Captura de pantalla de protegé de las relaciones implementadas en la ontología *Assessment*.

En la figura 4.5 se observa una captura de pantalla del editor, donde se muestran las restricciones definidas para especificar la cardinalidad de las relaciones establecidas para la clase *HeteroAssessment*. Sobre el panel de la izquierda, se puede observar que las instancias de la clase *Heteroassessment* pueden estar relacionadas con más de un alumno. Estas reglas se encuentran implementadas para todas las relaciones identificadas en la tabla 4.2.

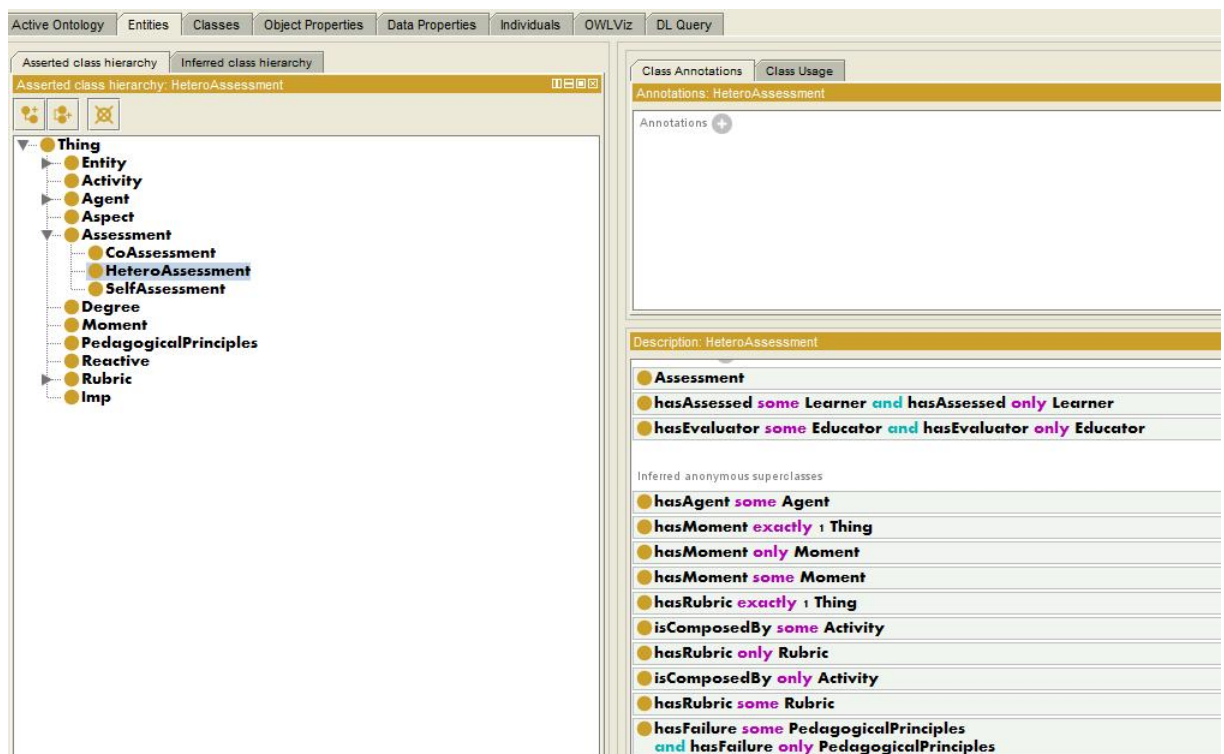


Figura 4.5. *Assessment*. Implementación de reglas en el editor de ontologías



En la figura 4.6 se observa sobre el panel de la izquierda, una instancia de la clase *Assessment* denominada *Assessment\_1*. Sobre el panel de la derecha se puede observar el tipo de evaluación, en este caso *HeteroAssessment*, y las diferentes relaciones que tiene definidas. En el panel *Property assertions: Assessment\_1* se observa que la instancia está relacionada con la instancia *Summative* a través de la relación *hasMoment*. También se encuentra relacionada con las instancias de alumnos *Gonzalez\_Maria* y *Perez\_Juan* a través de la relación *hasAssessed*, y con la instancia *Search* a través de la relación *isComposedBy*.

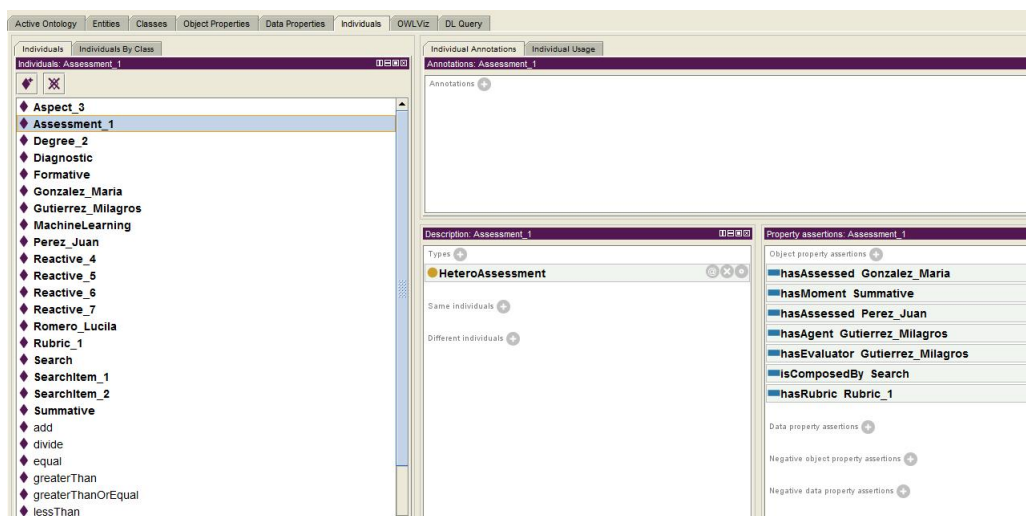


Figura 4.6. Assessment. Implementación de instancias en el editor de ontologías

En la figura 4.7 se puede observar la jerarquía de clases de *Assessment* generada con la herramienta visual OWL Viz, disponible en el editor Protege. Esta figura incluye las clases de la ontología *Assessment* y las relaciones de jerarquía que se presentan entre ellas.

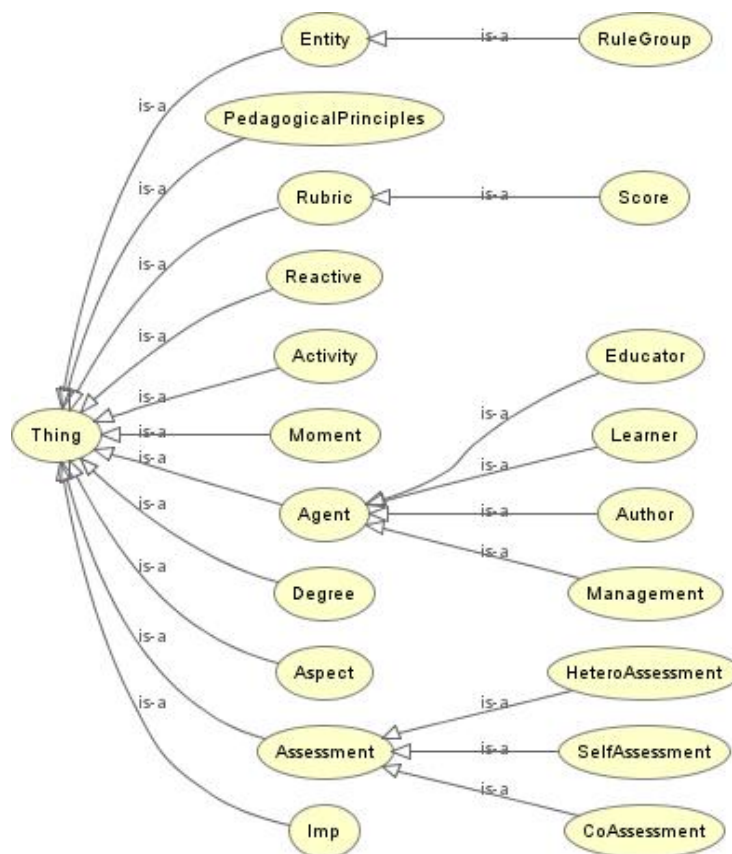


Figura 4.7 Assessment. Jerarquía de clases en OWL Viz

## Evaluación

El objetivo de este proceso es determinar si la ontología desarrollada cumple con los principios de diseño y con los requerimientos descritos en el DERO, es decir, si responde a las preguntas de competencia formuladas. El proceso consta de las actividades de verificación y validación de la ontología desarrollada.

Con respecto a la verificación de la ontología *Assessment*, se realizó un control de la misma para la detección de anomalías o malas prácticas en su diseño. Con el fin de detectar las malas prácticas, diversos autores han propuesto criterios de diseño que sirven para guiar y evaluar el desarrollo de ontologías. Estos criterios han sido descritos en el Capítulo 2, Sección 2.3.4. En este caso puntual se utilizó la herramienta OOPS! (Ontology Pitfalls Scanner)<sup>19</sup> (Póveda y colab., 2012). Esta herramienta permite detectar errores comunes durante el desarrollo de una ontología. Para ello se debe guardar la ontología como RDF/XML.

Al someter la ontología *Assessment* al control de la herramienta, se detectaron los errores que se muestran en la figura 4.8 y se detallan en la lista siguiente:

<sup>19</sup> <http://oeg-lia3.dia.fi.upm.es/oops/response.jsp>

- Falta de anotaciones en las propiedades y relaciones. La utilización de anotaciones en las propiedades mejora su comprensión y por lo tanto su utilización. En este caso se decidió incorporar las descripciones de los términos para colaborar con la comprensión de su significado.
- Falta de identificación de Dominio/Rango en algunas relaciones. Se modificó la ontología identificando los dominios y rangos faltantes.
- Existían elementos que no estaban conectados o relacionados con los elementos restantes de la ontología. Se detectó el elemento *Entity* y se procedió a eliminarlo ya que no pertenecía al modelo de la ontología.
- Definición de relaciones inversas incorrectas. Este error puede dar la pauta de relaciones definidas como inversas que no necesariamente son inversas. En este caso, la herramienta identificaba las relaciones inversas "*isPartOf*" y "*isAspectOf*". En el primer caso la relación estaba correctamente definida. En el segundo caso, si bien *isAspectOf* es una relación inversa de la relación *hasAspect*, estaba mal identificado su dominio y se procedió a la definición correcta.
- Falta de relaciones inversas. Por ejemplo, la herramienta indicaba la falta de la relación inversa de la relación "*isComposedByReactive*". Se solucionaron este y todos los casos detectados por la herramienta.

## Evaluation results

It is obvious that not all the pitfalls are equally important; their impact in the ontology will depend on multiple factors. For this reason, each pitfall has an importance level attached indicating how important it is. We have identified three levels:

- **Critical** 🚫 : It is crucial to correct the pitfall. Otherwise, it could affect the ontology consistency, reasoning, applicability, etc.
- **Important** ⚠️ : Though not critical for ontology function, it is important to correct this type of pitfall.
- **Minor** 🟡 : It is not really a problem, but by correcting it we will make the ontology nicer.

[Expand All] | [Collapse All]

<b>Results for P04: Creating unconnected ontology elements.</b>	<b>1 case   Minor</b> 🟡
<b>Results for P05: Defining wrong inverse relationships.</b>	<b>2 cases   Critical</b> 🚫
<b>Results for P08: Missing annotations.</b>	<b>51 cases   Minor</b> 🟡
<b>Results for P11: Missing domain or range in properties.</b>	<b>7 cases   Important</b> ⚠️
<b>Results for P13: Missing inverse relationships.</b>	<b>7 cases   Minor</b> 🟡
<p>This pitfall appears when a relationship (except for the symmetric ones) has not an inverse relationship defined within the ontology. For example, the case in which the ontology developer omits the inverse definition between the relations "hasLanguageCode" and "isCodeOf", or between "hasReferee" and "isRefereeOf".</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• This pitfall appears in the following elements:           <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; <a href="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#isComposedByReactive">http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#isComposedByReactive</a></li> <li>&gt; <a href="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#hasCoAssessed">http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#hasCoAssessed</a></li> <li>&gt; <a href="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#isReactiveOf">http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#isReactiveOf</a></li> <li>&gt; <a href="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#hasSelfEvaluator">http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#hasSelfEvaluator</a></li> <li>&gt; <a href="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#hasCoEvaluator">http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#hasCoEvaluator</a></li> <li>&gt; <a href="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#hasSelfAssessed">http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#hasSelfAssessed</a></li> <li>&gt; <a href="http://swrl.stanford.edu/ontologies/3.3/swrla.owl#hasRuleGroup">http://swrl.stanford.edu/ontologies/3.3/swrla.owl#hasRuleGroup</a></li> </ul> </li> </ul>	

Figura 4.8 captura de pantalla de la herramienta OOPS!: Resultados de la evaluación de Assessment

Luego, se utilizó el motor de inferencia Pellet para verificar la consistencia formal de la ontología. Pellet se puede instalar como un plugin en Protégé ya que es totalmente compatible con el lenguaje OWL2. El uso de Pellet permitió verificar la consistencia de la ontología *Assessment*. Las inconsistencias podrían presentarse relacionadas con la disposición de las clases (clases en la misma jerarquía y clases disjuntas), o pueden estar referidas a la relación entre las clases (rango y dominio), en el tipo de atributo o en las reglas de aplicación de la ontología. Ninguna de estas situaciones fueron detectadas por el razonador.

Con respecto a los requerimientos, la evaluación se realizó mediante el uso de las preguntas de competencia. Con este fin, la nueva ontología se instanció considerando diferentes exámenes, alumnos, evaluadores y distinguiendo diferentes momentos del proceso educativo. En este sentido, se fueron considerando las preguntas de competencia realizadas en la especificación de requerimientos para ver si la ontología podía responderlas.

Por ejemplo, la pregunta de competencia ¿Qué alumnos respondieron una evaluación?, se codificó en SPARQL y se muestra en la figura 4.9. En la misma se observa que las instancias de la clase *Learner* denominadas *Perez\_Juan* y *Gonzalez\_Maria* fueron evaluados con la evaluación *Assessment\_1* y en *examIntroductionToAI*.

Active Ontology		Entities	Classes	Object Properties	Data Properties	Individuals	OWL Viz	DL Query	SPARQL Query	
SPARQL query:										
<pre> PREFIX rdf: &lt;http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#&gt; PREFIX owl: &lt;http://www.w3.org/2002/07/owl#&gt; PREFIX xsd: &lt;http://www.w3.org/2001/XMLSchema#&gt; PREFIX rdfs: &lt;http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#&gt; PREFIX asse: &lt;http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#&gt; SELECT ?learner ?assessment WHERE { ?assessment asse:hasAssessed ?learner} </pre>										
					learner		assessment			
					Perez_Juan		Assessment_1			
					Gonzalez_Maria		Assessment_1			
					Perez_Juan		examIntroductionToAI			
					Gonzalez_Maria		examIntroductionToAI			

Figura 4.9 Assessment. CQ ¿Qué alumnos respondieron una evaluación?

La pregunta de competencia ¿Cuáles son las actividades de una heteroevaluación?, se codificó en SPARQL y se muestra en la figura 4.10. En la misma se observa que las instancias de la clase *Activity* denominadas *searchActivity* y *machineLearningActivity* forman parte de la heteroevaluación denominada *examIntroductionToAI*.

Active Ontology		Entities	Classes	Object Properties	Data Properties	Individuals	OWL Viz	DL Query	SPARQL Query	
SPARQL query:										
<pre> PREFIX rdf: &lt;http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#&gt; PREFIX owl: &lt;http://www.w3.org/2002/07/owl#&gt; PREFIX xsd: &lt;http://www.w3.org/2001/XMLSchema#&gt; PREFIX rdfs: &lt;http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#&gt; PREFIX asse: &lt;http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#&gt; SELECT ?hetero ?activity WHERE { ?hetero rdf:type asse:HeteroAssessment. ?assessment asse:isComposedBy ?activity FILTER ( ?hetero = ?assessment)} </pre>										
					hetero		activity			
					examIntroductionToAI		searchActivity			
					examIntroductionToAI		machineLearningActivity			

Figura 4.10 Assessment. CQ ¿Cuáles son las actividades de una heteroevaluación?

Las respuestas obtenidas a las preguntas de competencia se sometieron a la consideración de expertos del dominio quienes consideraron como aceptables las repuestas

## 4.2 ONTOLOGÍA INSTRUMENT

La ontología *Instrument* modela los diferentes instrumentos de evaluación que se podrían utilizar en un proceso de enseñanza aprendizaje. Como se mencionó en el Capítulo 1, un instrumento de evaluación es el soporte físico que se utiliza para recoger la información sobre el aprendizaje esperado de los estudiantes. Estos instrumento se materializan en preguntas o actividades de diferentes tipos: opciones múltiples, verdadero falso, ensayos, etc.

Del mismo modo con el que se trabajó para el desarrollo e implementación de la ontología *Assessment*, siguiendo las actividades y tareas pautadas en la metodología Methontology, se trabajó con la ontología *Instrument*.

### **Especificación de requerimientos**

Para la especificación de la ontología se utilizó el DERO generado cuyo desarrollo se presentó en el Capítulo 3. Se focalizó en las preguntas de competencias correspondientes al grupo Instrumento que pueden verse en detalle en el Anexo B.

### **Conceptualización**

Como en el caso de la ontología *Assessment*, en esta etapa se organizó el conjunto de términos y sus características en una representación intermedia para una mejor comprensión por parte del desarrollador de la ontología y de los expertos del dominio. Para ello se construyó un glosario de términos, un modelo conceptual, un diccionario de conceptos, tablas de relaciones y tablas de axiomas lógicos.

En la tabla 4.4 se muestra el glosario de términos. En el glosario se identifican los conceptos y se describen brevemente para especificar su significado en el contexto de trabajo. También se identifican sinónimos de los mismos en el caso de corresponder.

En la tabla 4.5 se muestran las relaciones definidas entre los conceptos. En la misma se puede observar el nombre de la relación, el concepto fuente, el concepto destino, la cardinalidad máxima y, si corresponde, la relación inversa.

Tabla 4.4. Glosario de términos de la ontología Instrument

<b>Término</b>	<b>Sinónimo</b>	<b>Descripción</b>
<i>Instrument</i>	<i>instrumento</i>	Los instrumentos y técnicas de evaluación son las herramientas que usa el profesor necesarias para obtener evidencias de los desempeños de los alumnos en el proceso de aprendizaje
<i>Formal Instrument</i>	<i>Instrumento formal</i>	Evaluaciones controladas donde se intenta verificar el grado de rendimiento o aprendizaje logrado por los estudiantes.
<i>Semiformal Instrument</i>	<i>Instrumento semi-formal</i>	Abarca instrumentos tales como portfolios, mapas conceptuales, ensayos y ejercicios.
<i>Essay Activity</i>	<i>Ensayo</i>	Pruebas que contienen una o más preguntas para las cuales el estudiante debe elaborar respuestas, utilizando su propio lenguaje y estilo de redacción.
<i>Objective Activity</i>	<i>Actividad objetiva</i>	Conjunto de preguntas claras y precisas que requieren por parte del alumno, una respuesta breve, en general limitadas a la elección de una opción ya proporcionada.
<i>Simple Instrument</i>	<i>Instrumento simple</i>	Instrumentos simples semiformales como mapas conceptuales, ensayos y ejercicios.
<i>Conceptual Map</i>	<i>Mapa conceptual</i>	Recursos gráficos que permiten representar conceptos y predicados de un cierto dominio del conocimiento.
<i>Exercise</i>	<i>Ejercicio</i>	Actividad que requiere la resolución de un problema práctico.
<i>Restricted Essay</i>	<i>Ensayo restringido</i>	Un ensayo restringido es una actividad de aprendizaje por escrito que tiene un tema y un alcance definidos
<i>Unrestricted Essay</i>	<i>Ensayo no-restringido</i>	Ensayo que no tiene tema y alcance definido
<i>Composite Instrument</i>	<i>Instrumento compuesto</i>	Elemento formado por otros elementos.
<i>Portfolio</i>	<i>Portafolio</i>	Colección de evidencias de aprendizaje de un alumno en un curso o programa. Contiene un conjunto de producciones o trabajos.
<i>Choice</i>	<i>Elección</i>	Actividades en las que el alumno debe seleccionar una opción entre un grupo de opciones.
<i>Simple Choice</i>	<i>Elección simple</i>	Actividades de tipo Choice en las que el alumno debe seleccionar una opción entre un grupo de opciones y sólo existe una opción correcta.
<i>Multiple Choice</i>	<i>Elección múltiple</i>	Actividades de tipo Choice en las que el alumno debe seleccionar las opciones correctas entre un grupo de opciones.
<i>Option</i>	<i>Opción</i>	Opciones de las actividades de tipo Choice.
<i>True Option</i>	<i>Opción verdadera</i>	Opción correcta dentro de actividades de tipo Option.
<i>Distractor</i>	<i>Distractor</i>	Opción incorrecta dentro de actividades de tipo Option.

<i>Correspondende</i>	<i>Correspondencia</i>	Tipo de ítem en el que se le presentan al alumno dos tipos de listas o columnas (A y B) de nombres, hechos o principios que el alumno debe relacionar.
<i>Completion</i>	<i>Completar</i>	Tipo de actividad donde el alumno debe proporcionar la respuesta o escribirla en un espacio en blanco previsto para tal fin.
<i>TrueFalse</i>	<i>Verdadero/falso</i>	Ítems se expresan en forma de sentencias o frases cortas que demandan una contestación dicotómica del tipo: verdadero-falso (VF).
<i>Numeric</i>	<i>Numerico</i>	Tipo de respuesta numérica.
<i>Text</i>	<i>Texto</i>	Tipo de respuesta texto.
<i>Relation</i>	<i>Relación</i>	Tipo de respuesta relación.
<i>Answer</i>	<i>Respuesta</i>	Respuesta correcta a un ítem o reactivo.

Tabla 4.5. Relaciones entre conceptos de la ontología Instrument

Nombre de la relación	Concepto Fuente	Cardinalidad fuente (max)	Concepto destino	Relación inversa
<i>isComposedByInstrument</i>	Composite Instrument	n	Single Instrument	<i>isPartOfInstrument</i>
<i>hasOption</i>	Choice	n	Option	<i>isOptionOf</i>
<i>hasBooleanAnswer</i>	Option	1	TrueFalse	<i>isBooleanAnswerOf</i>
<i>hasCorrespondenceAnswer</i>	Correspondence	1	Answer	<i>isCorrespondenceAnswerOf</i>
<i>haCompletionAnswer</i>	Completion	1	Answer	<i>isCompletionAnswerOf</i>
<i>hasScope</i>	Restricted Essay	1	Scope	<i>isScopeOf</i>
<i>hasContent</i>	Restricted Essay	1	Content	<i>isContentOf</i>
<i>hasOrganization</i>	Restricted Essay	1	Organization	<i>isOrganizationOf</i>
<i>hasMechanic</i>	Restricted Essay	1	Mechanic	<i>isMechanicOf</i>
<i>hasCitation</i>	Restricted Essay	1	Citation	<i>isCitationOf</i>
<i>hasTopic</i>	Restricted Essay	1	Topic	<i>isTopicOf</i>
<i>hasPortfolioOrganization</i>	Portfolio	1	Organization	<i>isPortfolioOrganization</i>
<i>hasPortfolioContent</i>	Portfolio	1	Content	<i>isPortfolioContent</i>

El modelo correspondiente a la ontología *Instrument* se dividió en tres submodelos para una mejor comprensión de los elementos y las relaciones incluidas.

En el primer modelo, que se muestra en la figura 4.11, se muestran los instrumentos formales y los instrumentos informales. En el segundo modelo, que se muestra en la figura 4.12, se muestran las actividades objetivas. En el tercer modelo, que se muestra en la figura 4.13, se estructuran los ensayos.



La clase *Instrument* es el concepto principal en esta ontología. Hay dos tipos de instrumentos: instrumentos formales e instrumentos semiformales. Las clases *FormalInstrument* y *SemiformalInstrument* representan técnicas formales y semiformales, respectivamente. Para la clase *semiformalInstrument*, se consideraron dos subtipos: *SimpleInstrument*, modelando los instrumentos simples como por ejemplo ejercicios, mapas conceptuales y ensayos (modelados en las clases *Exercice*, *ConceptualMap* y *Essay* respectivamente), y *CompositeInstrument*, como por ejemplo un portafolio (clase *Portfolio*) que son elementos que colaboran en registrar el proceso de aprendizaje y el progreso de los alumnos y consisten en una colección de *SimpleInstrument*. La Figura 4.8 muestra las relaciones entre los conceptos definidos previamente. Se observa la relación *isComposedByInstrument* entre la clase *CompositeInstrument* y la clase *SimpleInstrument*. Esta relación expresa que las instancias de la clase *CompositeInstrument* están formados por instancias de la clase *Simple Instrument*. La clase *Portfolio* especializa a la clase *Composite Instrument*. Es decir, instrumentos como el portafolio son instrumentos de tipo compuestos que están conformados por elementos simples. Estos elementos simples pueden ser mapas conceptuales, ensayos o ejercicios, que se encuentran modelados con clases que especializan a la clase *SimpleInstrument*: *Conceptual Map* y *Exercice* respectivamente. De esta manera, y como se expresara en el capítulo 2, se puede considerar dentro de un portafolio todos las evaluaciones y trabajos realizados por un mismo alumno en su desempeño en un curso. La relación *isComposedByInstrument* tiene definida una relación inversa denominada *isPartOfInstrument* que permite la navegabilidad en sentido contrario, es decir, permite identificar los elementos o instancias de la clase *SimpleInstrument* que forman parte de la clase *CompositeInstrument*. De esta manera, se pueden identificar los instrumentos simples que conforman un instrumento compuesto como el portafolio. Como en el caso anterior, no se muestran las relaciones inversas en el modelo por razones de claridad del mismo.

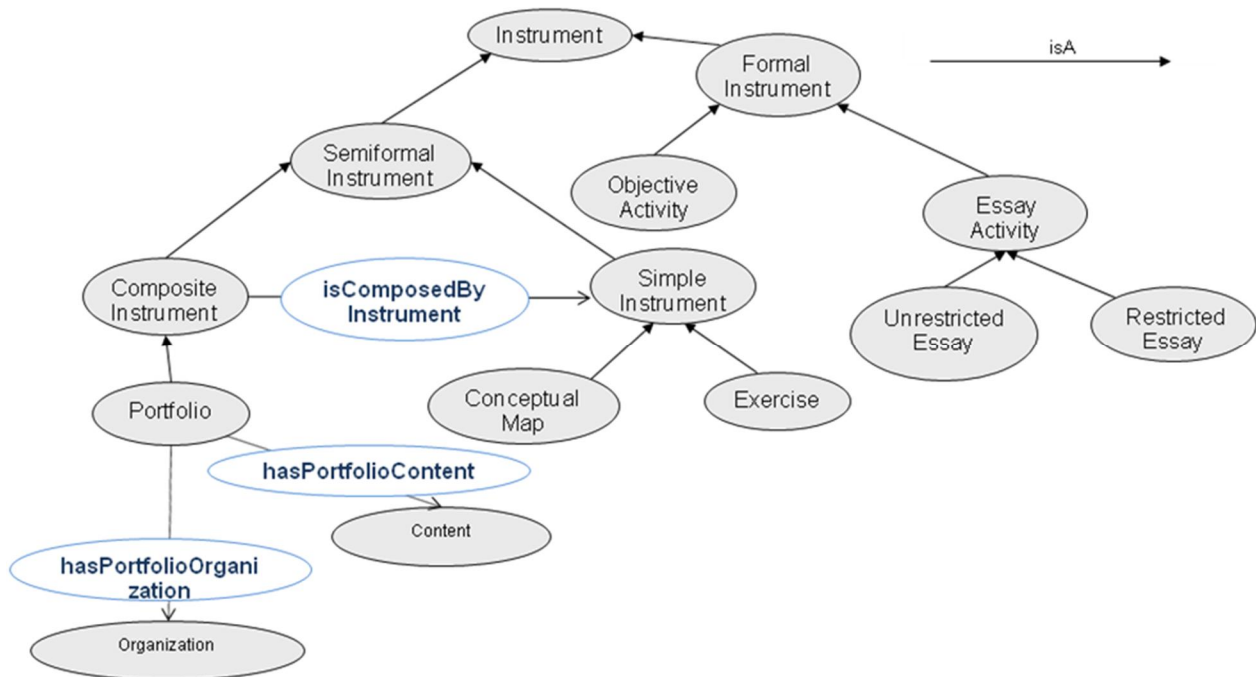


Figura 4.11. Modelo de ontología Instrument.

Como *FormalInstrument* consideramos dos subclasificaciones: *ObjectiveActivity*, donde los estudiantes tienen que identificar la respuesta correcta y *EssayActivity*, donde los alumnos tienen que elaborar la respuesta por escrito. *ObjectiveActivity* es una de las técnicas más utilizadas por los profesores, sobre todo en contextos de masividad, ya que facilita la corrección y elimina la subjetividad en la calificación, aun cuando tiene una complejidad adicional para su formulación.

De la misma manera, un portfolio debe tener contenido y organización. Esto se modela a través de la relación *hasPortfolioOrganization* que vincula la clase *Portfolio* con la clase *Organization* y con la relación *hasContent* que vincula la clase *Portfolio* con la clase *Content*. *Organization* es una clase que modela la organización pretendida del portafolio y *Content* es el contenido del mismo.

El detalle de los instrumentos de tipo pruebas objetivas se muestra en detalle en la figura 4.13. *ObjectiveActivity* tiene tres sub-conceptos: *Choice*, *Correspondence* y *Completion*. *Choice* está asociado a *Option* a través de la relación *hasOption*. Estos conceptos modelan los instrumentos de tipo opción (opciones múltiples y simples), de correspondencia y completar en los espacios en blanco. El concepto *Option* está especializado en dos sub-conceptos: *Distractor* y *TrueOption*. La clase *Distractor* modela los distractores que son ítems u opciones dentro de una actividad que no son correctos y *TrueOption* es el ítem correcto. El concepto *Choice* está especializado como: *SimpleChoice* (contiene sólo una opción correcta), y *MultipleChoice* (puede tener más de una opción correcta). En ambos casos, la opción sólo puede tener una respuesta booleana asociada: verdadero

o falso. Esta situación se expresa en el modelo como la relación *hasBooleanAnswer* entre los conceptos *Option* y *TrueFalse*.

Por último, el concepto *Answer* modela la respuesta correcta y puede ser de diferentes tipos: *truefalse*, *numeric*, *text* y *relation*. Esto se expresa en el modelo a través de la relación *hasCorrespondenceAnswer* entre las clases *Correspondence* y *Answer* y a través de la relación *hasCompletionAnswer* entre las clases *Completion* y *Answer*. Ambas relaciones tienen su correspondiente relación inversa que permite la navegabilidad del modelo en sentido contrario. Así, la clase *Answer* está relacionada con la clase *Correspondence* mediante la relación *isCorrespondenceAnswerOf* y con la clase *Completion* mediante la relación *isCompletionAnswerOf* para expresar que hay instancias de la clase *Answer* que son respuesta correcta a diferentes tipos de actividades como de establecer correspondencia entre términos y de completar en los lugares en blanco.

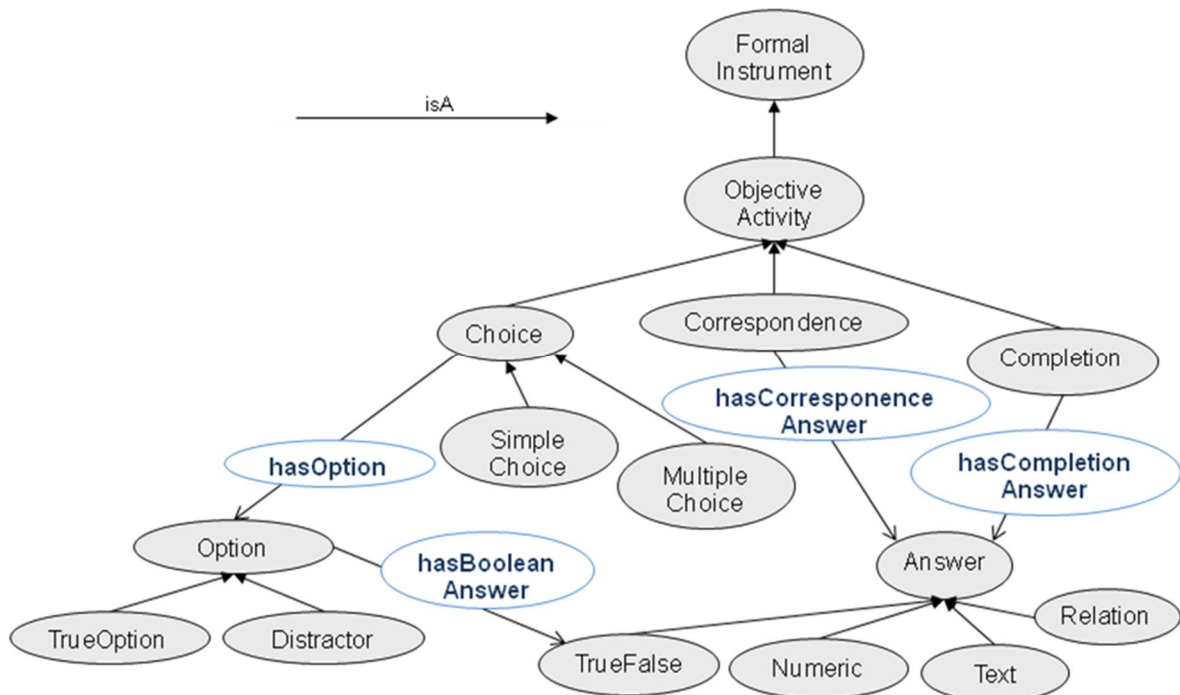


Figure 4.12. Modelo del instrumento pruebas objetivas

En la figura 4.14 se muestra el modelo de las actividades de tipo ensayo, como parte de la ontología *Instrument*. En ella, el concepto *EssayActivity* modela los ensayos. Esta clase está especializada en dos sub-conceptos: *RestrictedEssay* y *UnrestrictedEssay* que expresan que un ensayo puede ser restringido o no restringido. Como se expresara en el capítulo 2, un ensayo restringido es un ejercicio de aprendizaje por escrito que tiene un tema, contenido y un alcance predefinido y, por lo tanto, todos los alumnos que completan un ensayo restringido escribirán sobre

lo mismo. Esto se refleja en el modelo a través de las relaciones *hasContent* con la clase *Content* y *hasScope* con la clase *Scope*. Un ensayo debe tener una organización lógica, expresado con la relación *hasOrganization* con la clase *Organization*. La relación *hasMechanic* con la clase *Mechanic* y sus correspondientes instancias: *correctSpelling*, *grammar* y *punctuation*, expresa que un ensayo debe tener una mecánica de la escritura definida, es decir, ortografía, gramática y puntuación. La clase *RestrictedEssay* también está relacionada con la clase *Citation* a través de la relación *hasCitation* expresando que un ensayo puede incluir las citas bibliográficas correspondientes.

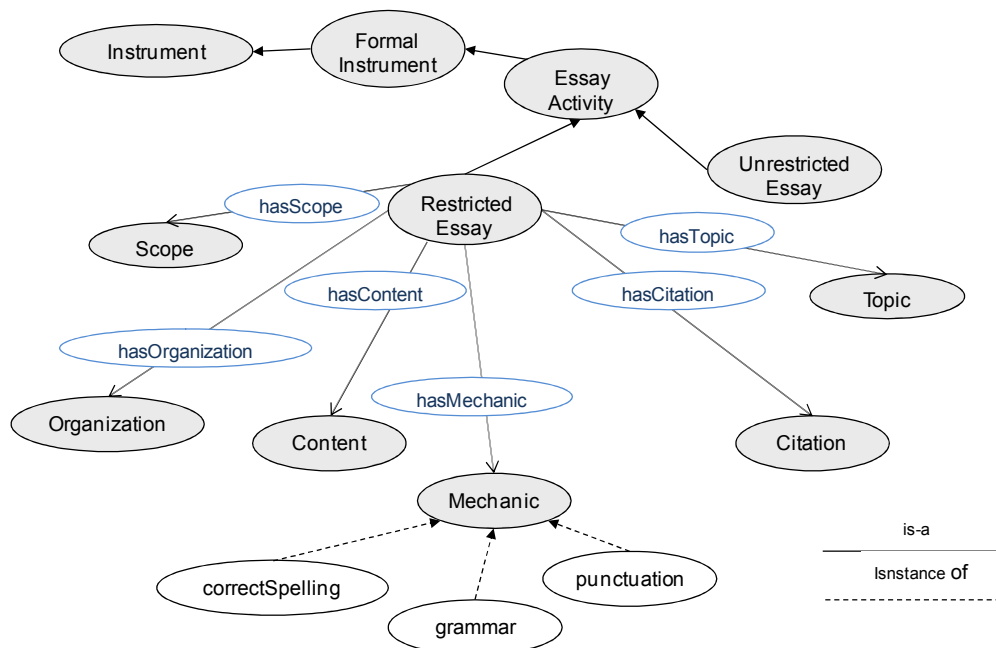


Figure 4.13. Modelo del instrumento Ensayo restringido

## Formalización

De acuerdo con Díaz y Barriga, (2008) hay algunas recomendaciones pedagógicas a tener en cuenta cuando se utiliza un instrumento del tipo *Choice*. Si estas recomendaciones son consideradas por los profesores se puede decir que el instrumento es confiable en un sentido pedagógico. En esta tesis se tuvieron en cuenta estas recomendaciones con el fin de definir las reglas para expresar las restricciones en la generación de instrumentos válidos y confiables.

Por ejemplo, desde una perspectiva pedagógica, se establece que los ítems deben pertenecer al contexto del área de conocimiento que se está evaluando (validez de contenido) y deben formularse de manera clara y sencilla y preferentemente redactarse en el modo afirmativo (confiable). También, se recomienda que siempre haya una opción correcta para las preguntas de tipo pruebas objetivas. Es decir, este tipo de actividades no deberían incluir la opción "ninguna de las anteriores". También se recomienda no incluir opciones como "todas las anteriores".

En cuanto a los distractores, estos deben redactarse lo más atractivamente posible para captar la atención del alumno desinformado.

En general, las reglas pedagógicas mencionadas se pueden definir como:

1. Un instrumento de tipo opciones simples debe tener como mínimo cuatro opciones.
2. Un instrumento de tipo opciones simples debe tener una única opción verdadera.
3. Un instrumento de tipo opciones múltiples debe tener más de una opción verdadera.
4. Un instrumento de tipo opciones múltiples debe tener como mínimo cuatro opciones.
5. Un instrumento de tipo opciones múltiples no puede tener opciones como “todas las anteriores” o “ninguna de las anteriores”.

La tabla 4.6 muestra las reglas pedagógicas formuladas. La primera columna describe la regla en lenguaje natural. La segunda columna muestra la formulación en lógica de primer orden de dichas reglas. Por simplicidad, en la segunda columna se utilizó conceptos reificados como *SimpleChoice* y *MultipleChoice* que representan los conjuntos de selección simple y elementos de opción múltiple respectivamente.

Tabla 4.6. Reglas pedagógicas para ítems de opciones simples y formuladas en lógica de primer orden.

Descripción	Lógica de primer orden
<b>Simple choice</b>	
1. Un instrumento de tipo opciones simples debe tener como mínimo cuatro opciones.	$\mathfrak{I}   = (\forall x, y, z, w, r (\text{SimpleChoices}(x) \wedge \text{hasOption}(x, y) \wedge \text{hasOption}(x, z) \wedge \text{hasOption}(x, w) \wedge \text{hasOption}(x, r)) \Rightarrow (y \neq z \neq w \neq r \wedge z \neq w \neq r \wedge w \neq r))$
2. Un instrumento de tipo opciones simples debe tener una única opción verdadera.	$\mathfrak{I}   = (\forall x, y, z (\text{SimpleChoices}(x) \wedge \text{hasOption}(x, y) \wedge \text{hasOption}(x, z)) \Rightarrow (\text{TrueOptions}(x) \wedge \neg \text{TrueOptions}(z)))$
<b>Multiple choice</b>	
3. Un instrumento de tipo opciones múltiples debe tener más de una opción verdadera.	$\mathfrak{I}   = (\forall x, y, z (\text{MultipleChoices}(x) \wedge \text{hasOption}(x, y) \wedge \text{hasOption}(x, z) \wedge \text{TrueOptions}(y) \wedge \text{TrueOptions}(z)) \Rightarrow y \neq z)$
4. Un instrumento de tipo opciones múltiples debe tener como mínimo cuatro opciones.	$\mathfrak{I}   = (\forall x, y, z, w, r (\text{MultipleChoices}(x) \wedge (\text{hasOption}(x, y) \wedge \text{hasOption}(x, z) \wedge \text{hasOption}(x, w) \wedge \text{hasOption}(x, r)) \Rightarrow (y \neq z \neq w \neq r \wedge z \neq w \neq r \wedge w \neq r))$

5. Un instrumento de tipo opciones múltiples no puede tener opciones como “todas las anteriores” o “ninguna de las anteriores”.	$\mathfrak{I} \models (\forall x,y,z,w(\text{MultipleChoices}(x) \wedge \text{hasOption}(x,y) \wedge \text{hasAttribute}(y,z) \wedge \text{value}(z,w)) \Rightarrow (w \neq \text{“all of them”} \wedge w \neq \text{“none of them”}))$
---	---

En cuanto a las actividades de tipo ensayo, los axiomas de integridad se definieron con el fin de establecer la condición que un ensayo restringido debe cumplir. La Tabla 4.7 muestra estos axiomas.

Tabla 4.7 Axiomas de integridad para Ensayos Restringidos

Description	First-Order Logic
Un ensayo restringido debe tener un tópico	$\mathfrak{I} \models (\forall x \text{ RestrictedEssay}(x) \Rightarrow (\exists y \text{ Topic}(y) \wedge \text{hasTopic}(x,y)))$
Un ensayo restringido debe tener un alcance	$\mathfrak{I} \models (\forall x \text{ RestrictedEssay}(x) \Rightarrow (\exists y \text{ Scope}(y) \wedge \text{hasScope}(x,y)))$
Un ensayo restringido debe tener mecánica	$\mathfrak{I} \models (\forall x \text{ RestrictedEssay}(x) \Rightarrow (\exists y \text{ Mechanic}(y) \wedge \text{hasMechanic}(x,y)))$
Un ensayo restringido es disjunto con un ensayo no restringido	$\mathfrak{I} \models (\forall x,y(\text{RestrictedEssay}(x) \wedge \text{UnrestrictedEssay}(y)) \Rightarrow x \neq y)$
Un ensayo restringido debe tener organización	$\mathfrak{I} \models (\forall x \text{ RestrictedEssay}(x) \Rightarrow (\exists y \text{ Organization}(y) \wedge \text{hasOrganization}(x,y)))$
Un ensayo restringido debe tener contenido	$\mathfrak{I} \models \forall x \text{ RestrictedEssay}(x) \Rightarrow (\exists y \text{ Content}(y) \wedge \text{hasContent}(x,y))$
Un ensayo restringido debe tener citas	$\mathfrak{I} \models \forall x \text{ RestrictedEssay}(x) \Rightarrow (\exists y \text{ Citation}(y) \wedge \text{hasCitation}(x,y))$

## Implementación

La ontología *Instrument* se implementó en OWL2 siguiendo el modelo conceptual presentado anteriormente.

La taxonomía de la ontología *Instrument* vista en el editor Protégé se muestra en la figura 4.14. En la misma se observan las clases correspondientes a los diferentes tipos de instrumentos formales y semiformales (clases *FormalInstrument* y *SemiformalInstrument*). Por ejemplo, las clases *EssayActivity* y *ObjectiveActivity* que especializan a la clase *FormalInstrument*. Como diferentes tipos de ensayo (clase *EssayActivity*) se definen los ensayos restringidos (*RestrictedEssay*) y los no restringidos (*UnrestrictedEssay*). Como diferentes tipos de actividades de tipo objetivas (clase

*ObjectiveActivity*) se pueden encontrar *Completion*, *Correspondence* y *Choice*, donde se definen actividades para completar en los lugares en blanco, correspondencia de ítems y seleccionar opciones. Como componentes semiformales se especializan de la clase *SemiformalInstrument* las clases *SimpleInstrument* y *CompositeInstrument*, modelando elementos simples como mapas conceptuales (clase *ConceptualMap*), ejercicios (clase *Exercise*) o ensayos (clase *Essay*) o elementos compuestos por instancias de las clases anteriormente mencionadas.

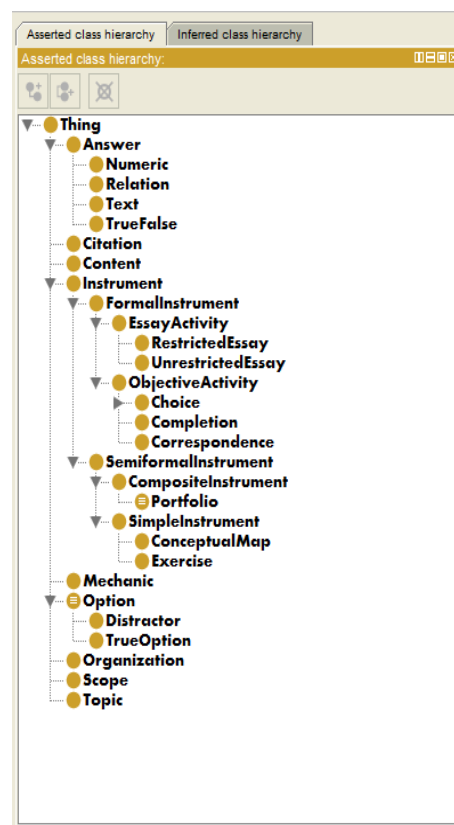


Figura 4.14 Instrument. Taxonomía en el editor

En la figura 4.15 se muestran las relaciones implementadas en el editor para la ontología Instrument. En la misma se observa, por ejemplo, la relación *isComposedByInstrument*, su dominio que es la clase *CompositeInstrument*, su rango que es la clase *SimpleInstrument* y su relación inversa que es *isPartOfInstrument*.

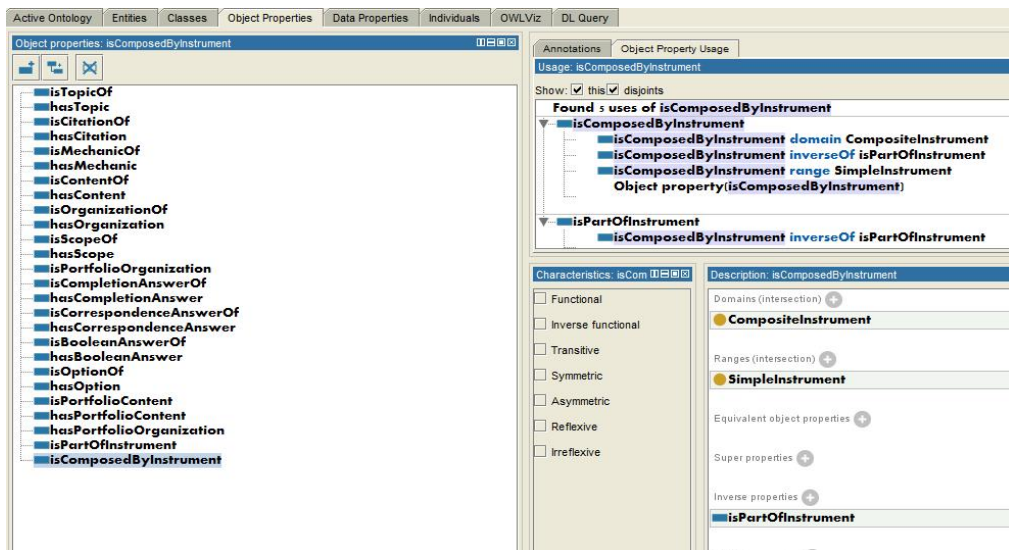


Figura 4.15 Instrument. Relaciones de la ontología en el editor

En la figura 4.16 se observan restricciones definidas para especificar la cardinalidad de las relaciones. En este caso se puede observar que las instancias de la clase *Portfolio* pueden estar relacionadas solamente con una instancia de la clase *Organization* y, estas mismas instancias pueden estar compuestas por una o más instancias de la clase *SimpleInstrument*. Es decir, un portafolio está compuesto por varios componentes simples y tiene sólo una organización.

Estas restricciones se encuentran implementadas para todas las relaciones identificadas en la tabla 4.5.

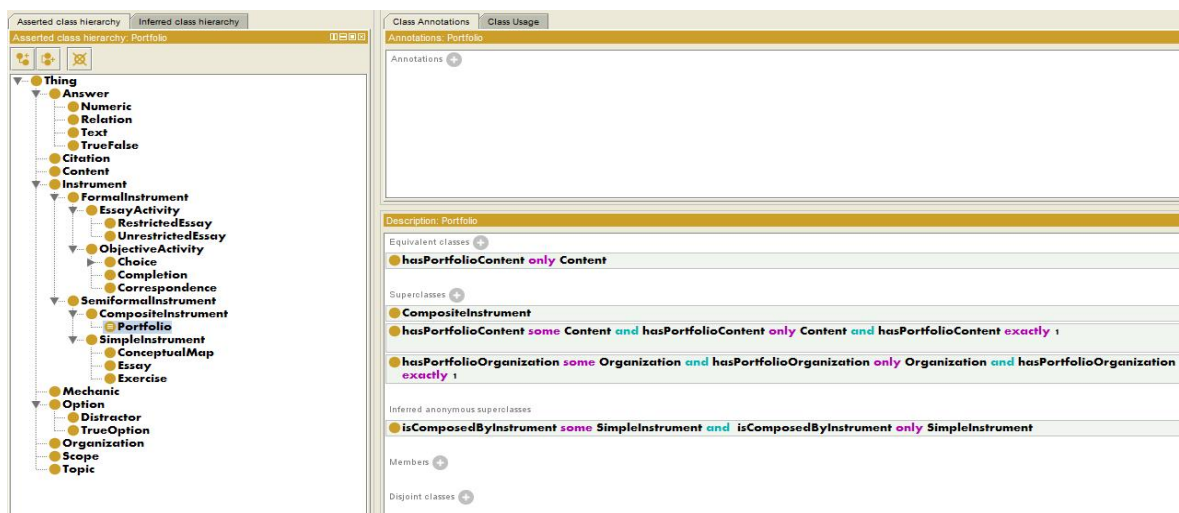


Figura 4.16 Instrument. Axiomas como restricciones en el lenguaje OWL2 de la clase Portfolio

En la figura 4.17 se muestran las restricciones definidas para la clase *restrictedEssay*. A través de estas restricciones se puede determinar que un ensayo restringido puede tener una organización, un contenido, una mecánica y un alcance. En la misma también se puede apreciar que existe una instancia de la clase *RestrictedEssay* denominada *RestrictedEssay\_1*. La clase *RestrictedEssay* es una



clase disjunta con la clase *UnrestrictedEssay*, situación que también se puede apreciar en la figura antes mencioanda. Esta dsiyunción implica que individuos de la clase *RestrictedEssay* no pueden pertenecer a la clase *RestrictedEssay* y viceversa.

En la figura 4.18 se puede observar la jerarquía de clases de Instrument generada con la herramienta visual OWL Viz, disponible en el editor Protege. Esta figura incluye las clases de la ontología Instrument y las relaciones de jerarquía que se presentan entre ellas. En amarillo aparecen las clases sobre las que se definieron condiciones necesarias y en anaranjado aparecen las clases sobre las que se definieron condiciones necesarias y suficientes. Sólo se muestra en la figura tres niveles de la jerarquía. Es decir, el grafo se puede extender a otros niveles para los conceptos SemiformalInstrument y FormalInstrument.

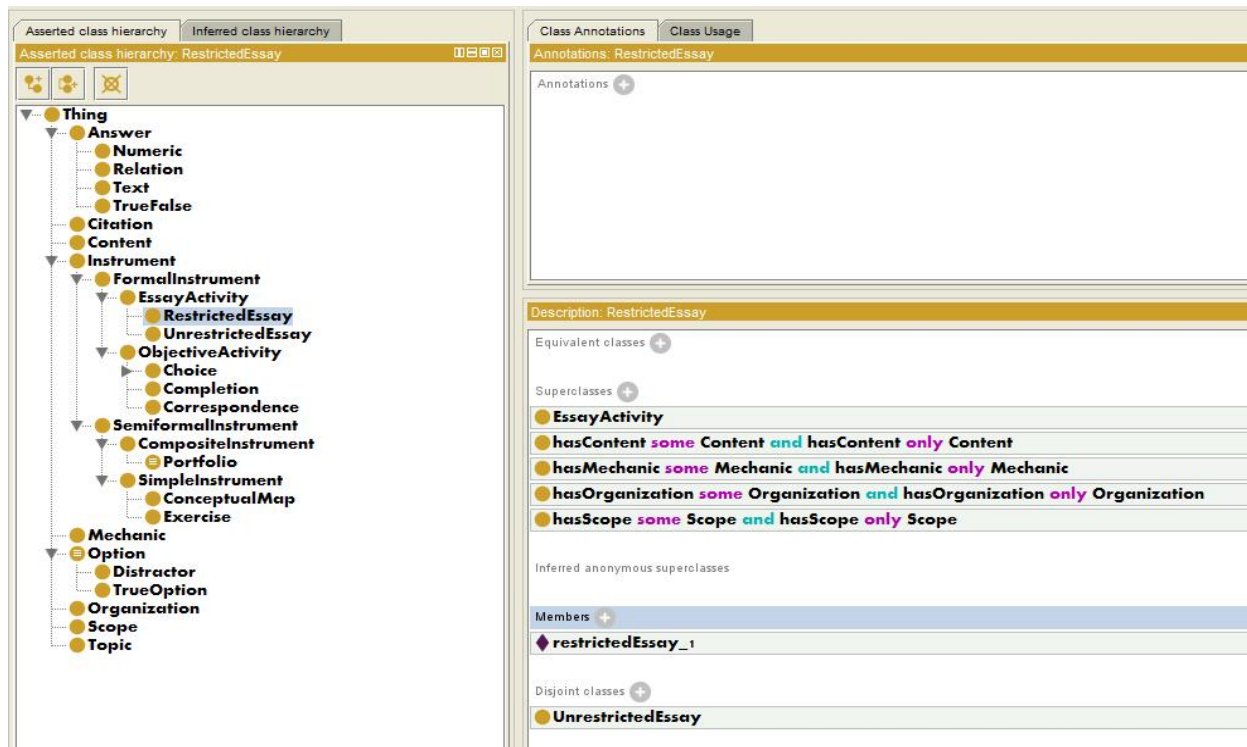


Figura 4.17 Insrument. Axiomas como restricciones en el lenguaje OWL2 de la clase RestrictedEssay

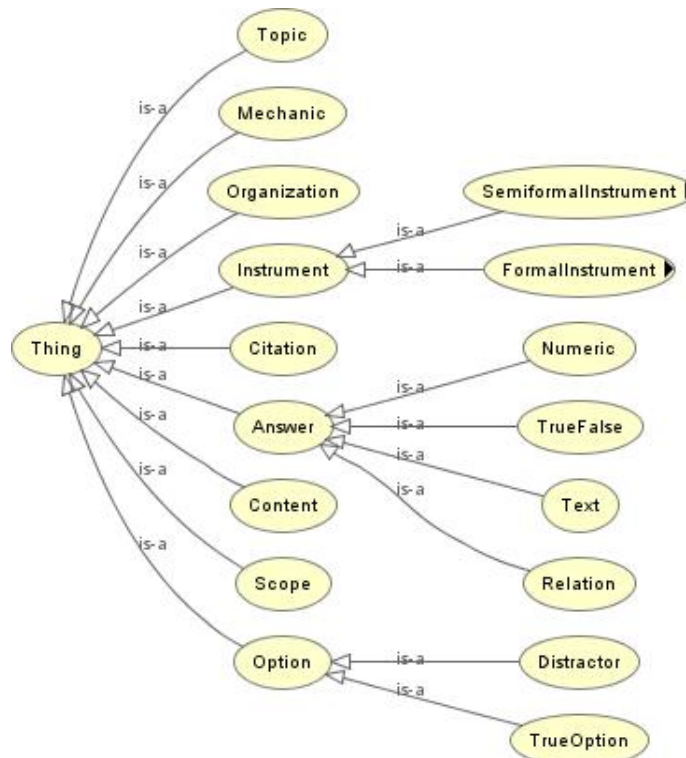


Figura 4.18 Insrument. Jerarquía de conceptos

Asimismo, se implementaron reglas de derivación mediante el uso de los lenguajes SWRL y SQWRL. Comenzando con instrumentos de opciones simples, las reglas 1 y 2 se aplicaron de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{SimpleChoice}(\text{?sc}) \wedge \text{Option}(\text{?o}) \wedge \text{hasOption}(\text{?sc}, \text{?o}) \wedge \text{sqwrl:makeSet}(\text{?os}, \text{?o}) \wedge & \quad (1) \\ \text{sqwrl:groupBy}(\text{?os}, \text{?sc}) \wedge & \\ \text{sqwrl:size}(\text{?t}, \text{?os}) \wedge \text{sqwrl:greaterThanOrEqual}(\text{?t}, 4) \Rightarrow & \\ \text{optionQuantityValid}(\text{?sc}) & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SimpleChoice}(\text{?sc}) \wedge \text{distractor}(\text{?d}) \wedge \text{sqwrl:makeSet}(\text{?s1}, \text{?d}) \wedge \text{sqwrl:groupBy}(\text{?s1}, \text{?sc}) \wedge & \quad (2) \\ \text{sqwrl:size}(\text{?t}, \text{?s1}) \wedge \text{sqwrl:equal}(\text{?t}, 1) \Rightarrow & \\ \text{answerQuantityValid}(\text{?sc}) & \end{aligned}$$

En cuanto a instrumentos de opciones múltiples, se formularon las restricciones 3, 4 y 5 de la tabla 4.2 que se representan con sentencias (3), (4), (5) y (6) respectivamente. Se debe tener en cuenta que la restricción 5 se representa con dos oraciones (5) y (6) por razones de simplicidad.

$$\begin{aligned} \text{MultipleChoice}(\text{?mc}) \wedge \text{distractor}(\text{?d}) \wedge \text{sqwrl:makeSet}(\text{?s1}, \text{?d}) \wedge \text{sqwrl:groupBy}(\text{?s1}, \text{?mc}) \wedge & \quad (3) \\ \text{sqwrl:size}(\text{?t}, \text{?s1}) \wedge \text{sqwrl:greaterThan}(\text{?t}, 1) \wedge \text{answerQuantityValid}(\text{?mc}) & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MultipleChoice}(\text{?mc}) \wedge \text{Option}(\text{?o}) \wedge \text{hasOption}(\text{?mc}, \text{?o}) \wedge \text{sqwrl:makeSet}(\text{?os}, \text{?o}) \wedge & \quad (4) \\ \text{sqwrl:groupBy}(\text{?os}, \text{?mc}) \wedge \text{sqwrl:size}(\text{?t}, \text{?os}) \wedge \text{sqwrl:greaterThan}(\text{?t}, 4) \Rightarrow \text{optionQuantityValid}(\text{?mc}) & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MultipleChoice}(\text{?mc}) \wedge \text{hasOption}(\text{?mc}, \text{?o}) \wedge \text{label}(\text{?o}, \text{?!}) \wedge \text{sqwrl:normalizeSpace}(\text{?n}, \text{?!}) \wedge & \quad (5) \\ \text{sqwrl:stringEqualIgnoreCase}(\text{?n}, \text{"all of them"}) \Rightarrow \text{whithoutAll}(\text{?mc}) & \end{aligned}$$

$$\text{multipleChoice(?mc)} \wedge \text{hasOption(?mc, ?o)} \wedge \text{lavel(?o, ?l)} \wedge \text{sqwrl:normalizeSpace(?n, ?l)} \wedge \text{sqwrl:stringEqualIgnoreCase(?n, "none of them")} \Rightarrow \text{withoutNon(?mc)} \quad (6)$$

Por último, si una actividad de tipo opción simple cumple con la restricción (1) y (2), se puede decir que esta actividad es una actividad de tipo opción simple válida. Esta declaración se representa con la siguiente regla:

$$\text{SimpleChoice(?sc)} \wedge \text{optionQuantityValid(?sc)} \wedge \text{answerQuantityValid(?sc)} \Rightarrow \text{validSimpleChoice(?sc)} \quad (7)$$

De la misma manera, si una actividad de tipo opciones múltiples satisface la restricción (3), (4), (5) y (6) es una actividad de tipo opciones múltiples válida (8):

$$\text{multipleChoice(?mc)} \wedge \text{whithoutAll(?mc)} \wedge \text{whithoutNon(?mc)} \wedge \text{optionQuantityValid(?mc)} \wedge \text{answerQuantityValid(?mc)} \Rightarrow \text{validMultipleChoice(?mc)} \quad (8)$$

## Evaluación

De la misma manera que en el caso de la ontología *Assessment*, con la ontología *Instrument* se realizaron actividades de verificación y validación con el objetivo de determinar si la ontología cumplía con los principios de diseño y respondía a las preguntas de competencia formuladas en el DERO.

Como primer medida, se utilizó la herramienta OOPS! para detectar errores comunes durante el desarrollo de una ontología. Al someter la ontología *Instrument* al control de la herramienta, se detectaron los errores que se muestran en la figura 4.19 y se detallan en la lista siguiente:

- Falta de anotaciones en las propiedades y relaciones. La utilización de anotaciones en las propiedades mejora su comprensión y por lo tanto su utilización. En este caso se decidió no incorporar anotaciones dado que los nombres utilizados para las propiedades y las relaciones son lo suficientemente descriptivos y, por lo tanto, se comprende su significado perfectamente.
- Existían elementos que no estaban conectados o relacionados con los elementos restantes de la ontología. Se detectó el elemento *Instrument* sin relación con otro

elemento en la ontología, pero este elemento se vinculará mediante metarelaciones a otros elementos de la red.

- Definición de relaciones inversas incorrectas. Este error puede dar la pauta de relaciones definidas como inversas que no necesariamente son inversas. Se realizaron las correcciones indicadas.
- Falta de identificación de Dominio/Rango en algunas relaciones. Se modificó la ontología identificando los dominios y rangos faltantes.
- Utilización de relaciones recursivas. Se solucionó el error detectado.
- Definición de una relación inversa consigo misma. Este error detectado se había solucionado con las modificaciones realizadas descritas en el primer ítem.

Con respecto a los requerimientos, la evaluación se realizó considerando las CQ del DERO correspondientes al dominio Instrumentos. Por ejemplo, la pregunta de competencia ¿Cuales son las opciones de una pregunta de tipo opciones múltiples? Se puede ver implementada en el editor Protégé en la figura 4.20. En la misma figura se pueden observar las respuestas de la ontología de acuerdo a las instancias realizadas.

- **Important** 🟡 : Though not critical for ontology function, it is important to correct this type of pitfall.
- **Minor** 🟢 : It is not really a problem, but by correcting it we will make the ontology nicer.

[Expand All] | [Collapse All]

<b>Results for P04: Creating unconnected ontology elements.</b>	1 case   Minor 🟢
<b>Results for P05: Defining wrong inverse relationships.</b>	1 case   Critical 🔴
<b>Results for P08: Missing annotations.</b>	58 cases   Minor 🟢
<b>Results for P11: Missing domain or range in properties.</b>	14 cases   Important 🟡
<b>Results for P13: Missing inverse relationships.</b>	3 cases   Minor 🟢
<b>Results for P24: Using recursive definition.</b>	2 cases   Important 🟡
<p>An ontology element is used in its own definition. For example, it is used to create the relationship "hasFork" and to establish as its range the following (the set of restaurants that have at least one value for the relationship "hasFork").</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• This pitfall appears in the following elements:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; <a href="http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/Ontology1417521898297.owl#Option">http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/Ontology1417521898297.owl#Option</a></li> <li>&gt; <a href="http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/Ontology1417521898297.owl#hasPortfolioOrganization">http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/Ontology1417521898297.owl#hasPortfolioOrganization</a></li> </ul> </li> </ul>	
<b>Results for P25: Defining a relationship inverse to itself.</b>	1 case   Important 🟡
<p>A relationship is defined as inverse of itself. In this case, this property could have been defined as "owl:SymmetricProperty" instead.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• This pitfall appears in the following elements:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; <a href="http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/Ontology1417521898297.owl#hasPortfolioOrganization">http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/Ontology1417521898297.owl#hasPortfolioOrganization</a></li> </ul> </li> </ul>	
<b>Results for P30: Missing equivalent classes.</b>	1 case   Important 🟡

Figura 4.19 Instrument. Aplicación de la herramienta OOPS!

Active Ontology	Entities	Classes	Object Properties	Data Properties	Individuals	OWL Viz	DL Query	SPARQL Query
<p>SPARQL query:</p> <pre> PREFIX rdf: &lt;http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#&gt; PREFIX owl: &lt;http://www.w3.org/2002/07/owl#&gt; PREFIX xsd: &lt;http://www.w3.org/2001/XMLSchema#&gt; PREFIX rdfs: &lt;http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#&gt; PREFIX ins: &lt;http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/Ontology1417521898297.owl#&gt; SELECT ?choice ?option WHERE { ?choice ins:hasOption ?option }</pre>								
			choice			option		
<b>multiple_choice_1</b>						<b>option_1</b>		
<b>multiple_choice_1</b>						<b>option_2</b>		
<b>multiple_choice_1</b>						<b>option_3</b>		

Figura 4.20 Instrument. Implementación de la consulta ¿Cuales son las opciones de una pregunta de tipo opciones múltiples?

En la figura 4.21 se observa la implementación de la consulta correspondiente a la pregunta de competencia ¿Cuáles son las preguntas de tipo completar en los lugares en blanco?. En la misma figura se observa la respuesta a la consulta.

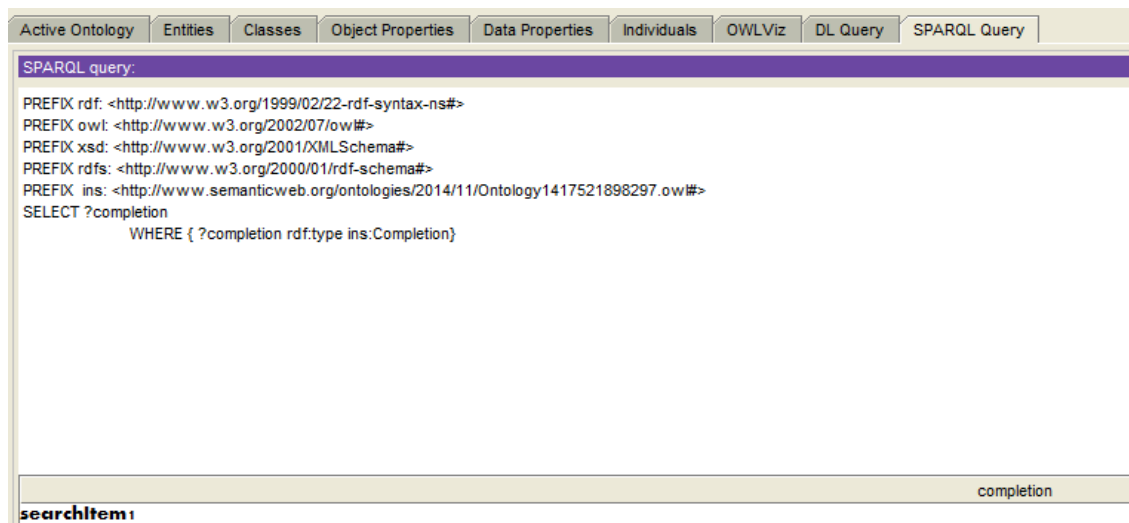


Figura 4.21 Instrument. Implementación de la consulta ¿Cuáles son las preguntas de tipo completar en los lugares en blanco?

Por último, se utilizó el motor de inferencia Pellet para verificar la consistencia formal de la ontología que permitió verificar la consistencia de la ontología Instrument. Las inconsistencias podrían presentarse relacionadas con la disposición de las clases (clases en la misma jerarquía y clases disjuntas), o pueden estar referidas a la relación entre las clases (rango y dominio), en el tipo de atributo o en las reglas de aplicación de la ontología. Ninguna de estas situaciones fueron detectadas por el razonador.

#### 4.3 INTEGRACIÓN DE LAS ONTOLOGÍAS ASSESSMENT E INSTRUMENT

Para integrar las dos ontologías desarrolladas e implementadas se importó la ontología *Instrument* en la ontología *Assessment*. La estructura jerárquica obtenida se muestra en la figura 4.22. Sólo se muestran tres niveles de dicha jerarquía.

Se estableció la relación *uses* entre la clase *Reactive* y la clase *Instrument* dado que un reactivo usa un instrumento de evaluación como se muestra en la figura 4.23. La nueva relación se presenta identificando la clase dominio en un color diferente con el fin de destacarla que pertenece a la ontología *Assessment* original. Los términos restantes se encuentran en otro color dado que pertenecen a la ontología importada.

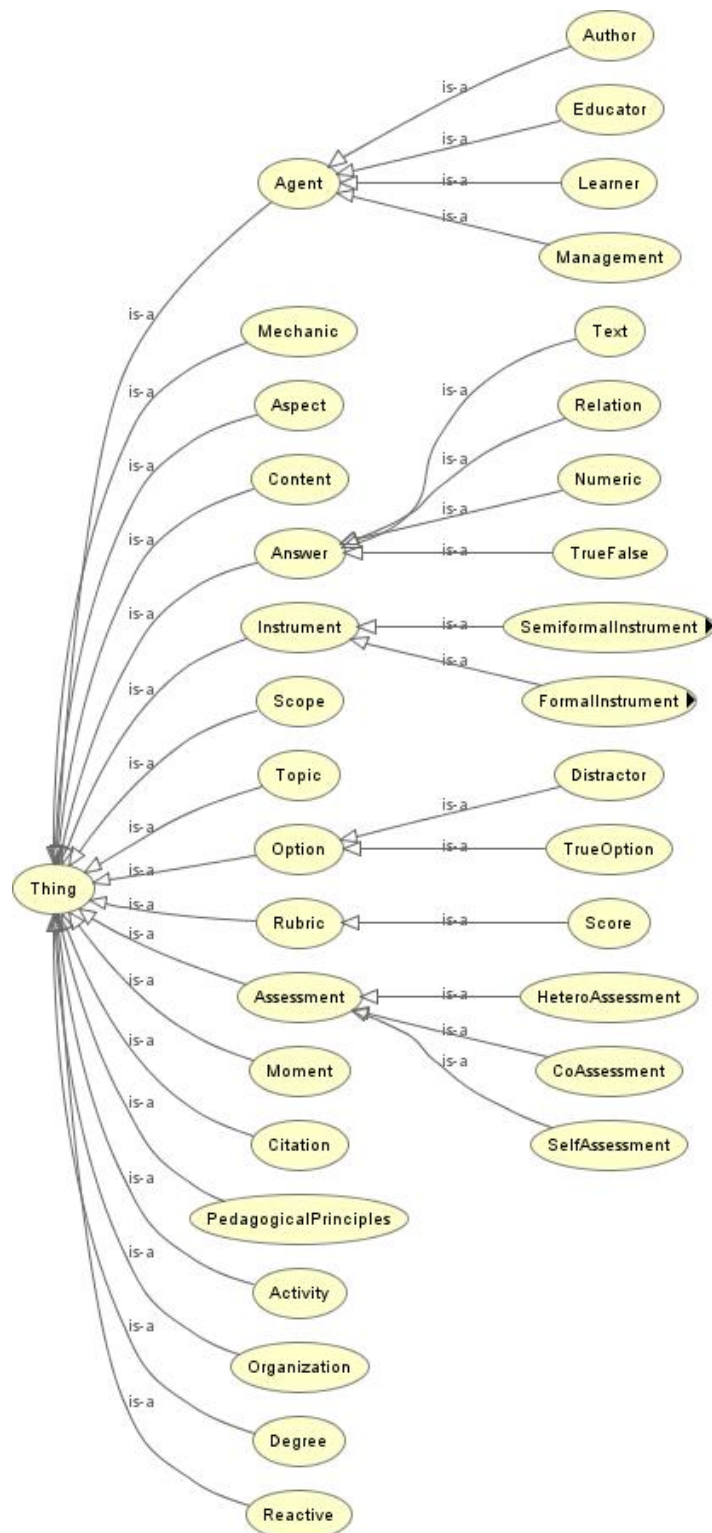


Figura 4.22 Assessment&Insrrument. Jerarquía de conceptos

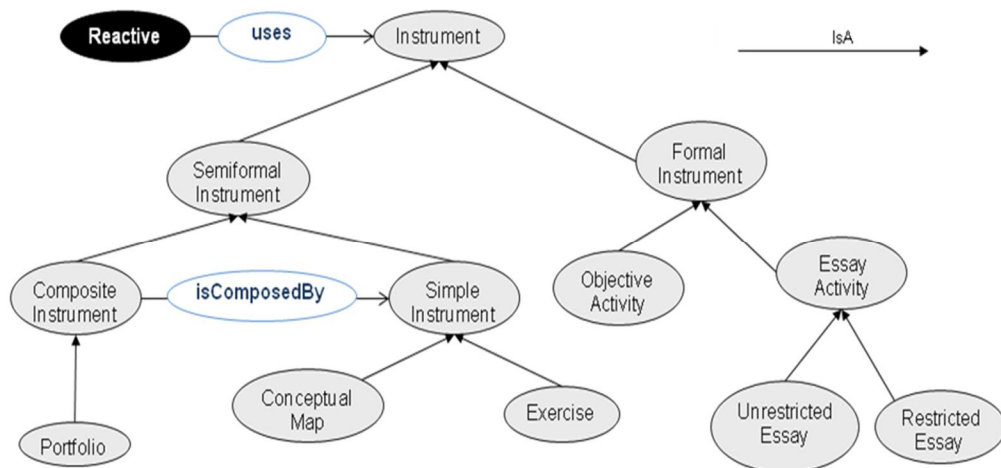


Figura 4.23. Integración de las ontologías Assessment e Instrument.

La implementación de la relación *uses* en Protégé se puede apreciar en la figura 4.24.

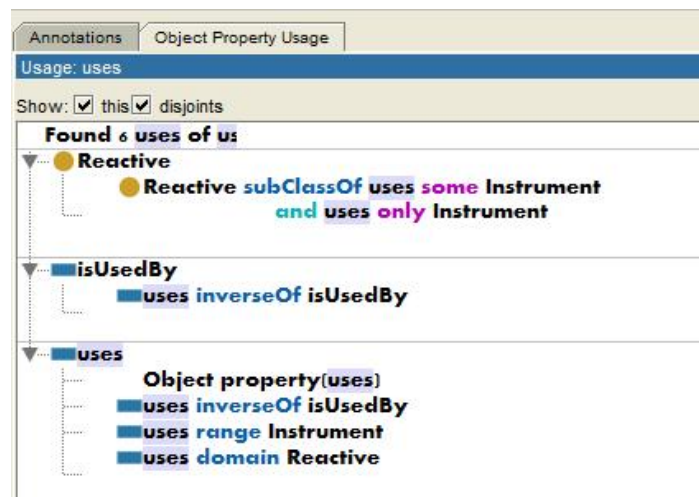


Figura 4.24 Implementación de la relación *uses*

## Evaluación

Se utilizó el motor de inferencia Pellet para verificar la consistencia formal de las ontologías integradas. Como se expresara anteriormente, las inconsistencias podrían presentarse relacionadas con la disposición de las clases (clases en la misma jerarquía y clases disjuntas), o pueden estar referidas a la relación entre las clases (rango y dominio), en el tipo de atributo o en las reglas de aplicación de la ontología. Ninguna de estas situaciones fue detectada por el razonador.

La integración se evaluó mediante el uso de las preguntas de competencia. Con este fin, la nueva ontología integrada se instanció considerando el examen final relacionado con un curso de Inteligencia Artificial que se tomó como ejemplo desde el comienzo del capítulo (clase *www.ai-class*). La evaluación es en realidad una heteroevaluación sumativa, es decir tiene como objetivo otorgar calificaciones a los alumnos del curso. La primera actividad es sobre un tema de búsqueda



y tiene dos reactivos. La última actividad es sobre el tema de aprendizaje automático y tiene cuatro reactivos. El examen se puede apreciar nuevamente en la figura 4.25.

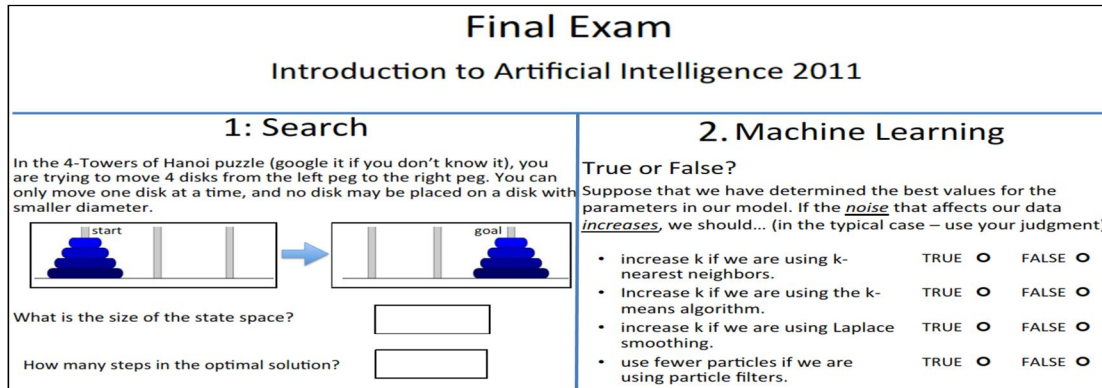


Figura 4.25. Un examen final perteneciente al dominio de la Inteligencia Artificial

Se generó una instancia de *HeteroAssessment* como se muestra en la figura 4.26. Además, la instancia *ExamIntroductionToAI* tiene dos actividades como componentes: *MachingLearningActivity* y *SearchActivity*. Este último tiene dos reactivos asociados: *SearchItem1* y *SearchItem2*. La instancia de *HeteroAssessment* tiene asociado un momento.

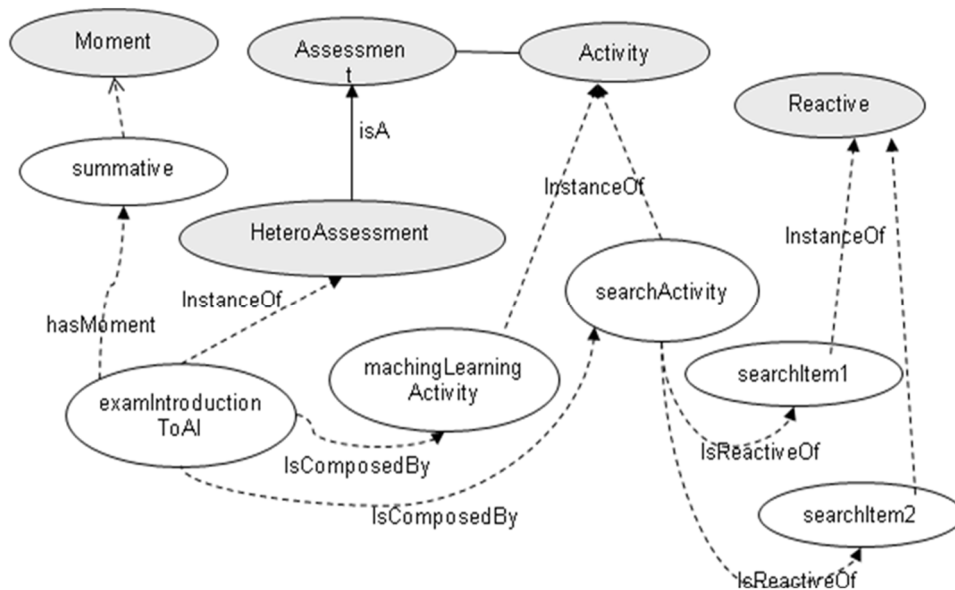


Figura 4.26. Población de la integración de las ontologías Assessment e Instrument.

La figura 4.27 muestra los agentes asociados a la instancia *ExamIntroductionToAI*. Debido al hecho que es una instancia de la clase *HeteroAssessment*, se ha asociado a dos agentes: por un lado es una instancia de *Learner* que se asocia a través de la relación *hasAssessed*, y la segunda es una instancia de *Educator* asociado a través de la relación *hasEvaluator*.

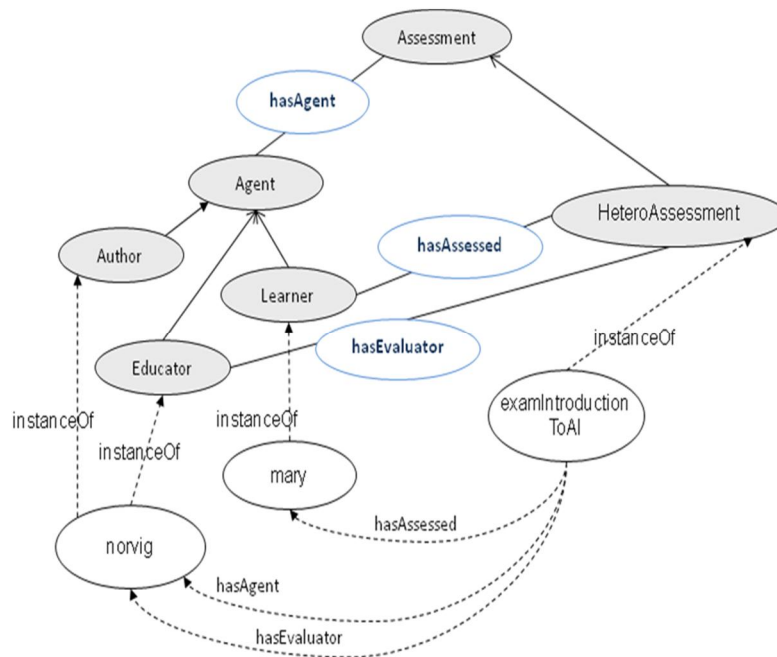


Figure 4.27. Agentes intervinientes en la evaluación de Inteligencia Artificial

El reactivo *searchItem1* utiliza un instrumento de completar cuya respuesta correcta es 81, una instancia de *Numeric*. Esto se puede apreciar en la figura 4.28.

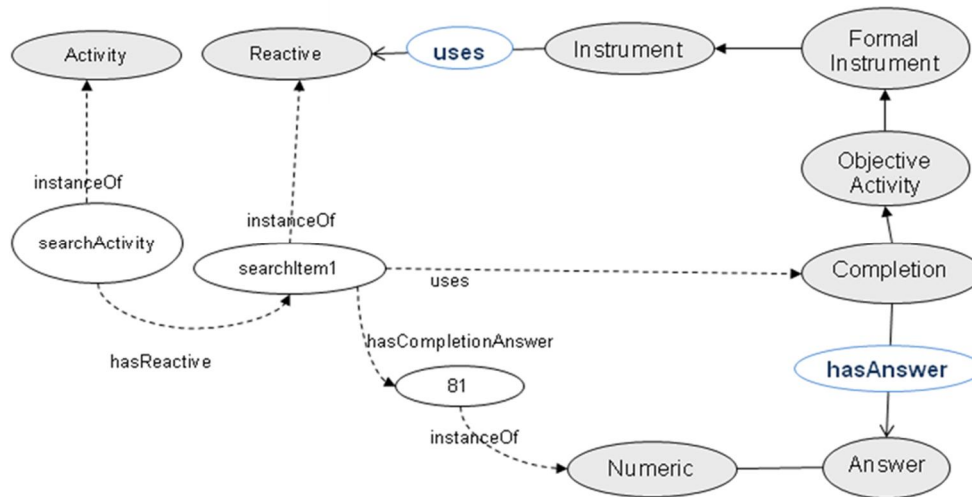


Figura 4.28 Un ejemplo de reactivo de completar utilizado en un examen de Inteligencia Artificial.

Las preguntas de competencias definidas para estas ontologías se implementaron en SPARQL. Un ejemplo de la pregunta de competencia ¿Cuáles son las actividades de tipo completar en los lugares en blanco utilizadas en una evaluación de tipo sumativa? se puede observar en la figura 4.29. En la misma se aprecia el código SPARQL correspondiente y la respuesta obtenida. La actividad *searchActivity* es una actividad de tipo completar en los lugares en blanco que fue considerada en la evaluación *examIntroductionToAI* considerada como ejemplo hasta el momento.

Claramente se puede apreciar que la respuesta a la consulta realizada involucra a ambas ontologías, *Assessment* e *Instrument*. La respuesta pudo brindarse dada la integración de ambas ontologías.

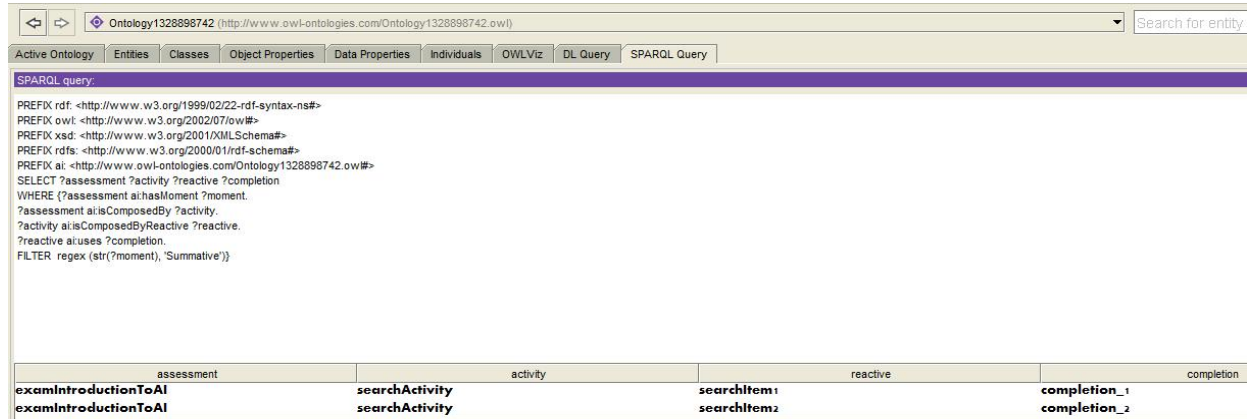


Tabla 4.29. Ejemplos de la implementación de las preguntas de competencia en SPARQL.

La evaluación de las respuestas a las consultas realizadas se hizo en colaboración con los expertos en los aspectos pedagógicos y el profesor de la materia Inteligencia Artificial de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe, que es un usuario previsto de la red de ontologías.

#### 4.4 CONCLUSIONES

En este capítulo se presentó el desarrollo de las ontologías *Assessment* e *Instrument* desde la especificación hasta la implementación.

Para ello, se comenzó desde el documento DERO presentado en el capítulo anterior. Es decir, a partir de la especificación de requerimientos realizada surgieron los términos principales del dominio Evaluación. Luego se completaron las actividades y tareas correspondientes a la metodología Methontology para el desarrollo de ambas ontologías que modelan aspecto diferentes del mismo dominio. Luego, se procedió a integrar ambas ontologías.

La modularización del desarrollo realizado posibilita que cualquier modificación que se establezca en la ontología *Instrument* se vea luego reflejada en esta nueva articulación implementada con ambas ontologías.

Finalmente, se evaluaron las ontologías desarrolladas e implementadas para poder continuar con el desarrollo de la red de ontologías. Cabe destacar que se realizó una evaluación utilizando estas ontologías en una herramienta que se muestra en el Capítulo 6.

## CAPÍTULO 5: DOMINIO RECURSOS EDUCATIVOS (Educational Resources)

En este capítulo se presentan las actividades realizadas para el modelado del dominio *Educational Resources* de la red de ontologías AOnet y su integración correspondiente con las ontologías de los demás dominios (Romero y colab., 2014). Este dominio, involucra los recursos educativos utilizados para el proceso de enseñanza aprendizaje (ontología *Educational Resource Specification*) y los metadatos utilizados para la descripción de los recursos educativos (*Assessment Metadata*) puntualmente la descripción de las evaluaciones.

Dado que se había desarrollado con anterioridad como tesis de maestría la ontología LOnto (Romero y colab., 2010) para la descripción de recursos educativos en general, se decidió reutilizar dicha ontología y proceder a enriquecerla para que describa de forma adecuada a una evaluación.

En este capítulo se describen las actividades correspondientes al escenario 4: Desarrollo de redes de ontologías mediante la construcción, reutilización y reingeniería de recursos ontológicos, correspondiente a la metodología NeOn llevada adelante para el desarrollo de la red de ontologías AOnet. Este escenario hace referencia a la reutilización de recursos ontológicos por parte de los desarrolladores de ontologías que tienen a su disposición otros desarrollos ontológicos que resultan útiles para resolver su problema. También, se describe la integración de la ontología enriquecida con el avance de la red hasta el momento.

Así, en la Sección 5.1 se detallan las tareas realizadas para el desarrollo de la ontología *Assessment Metadata* en el marco de las actividades propuestas para la reutilización de recursos ontológicos. En la sección 5.2 se describen las actividades realizadas para el enriquecimiento de los recursos reutilizados. Luego, en la sección 5.3 se muestra la integración de la ontología enriquecida con los demás componentes de la red y, finalmente, se presentan las conclusiones del capítulo.

### 5.1 ONTOLOGÍA ASSESSMENT METADATA

Para el desarrollo de la ontología *Assessment Metadata* se utilizó el DERO descrito en el capítulo 3 y los mapas conceptuales que se pueden observar en detalle en el Anexo B.

Para comenzar el desarrollo de esta ontología, se contaba con una ontología desarrollada previamente llamada LOnto (Romero y colab., 2010) para la descripción de recursos educativos. Dicha ontología modela la totalidad de los metadatos correspondientes al estándar LOM de

IEEE(IEEE, 2002) pero sólo establece la estructura jerárquica de los mismos, es decir, sólo establece relaciones de especialización respetando la jerarquía establecida.

Por este motivo, se decidió reutilizar esta ontología, pero tomando un subconjunto de los metadatos considerados, es decir, seleccionar los metadatos o componentes de la ontología que mejor describan a una evaluación desde un punto de vista general y pedagógico.

Al mismo tiempo, se consideró la posibilidad de asignar valores específicos para esos metadatos teniendo en cuenta el dominio evaluación. Por ejemplo, el estándar LOM tiene dentro de la categoría *Educational* (Educativa), el metadato *Interactivity Type* (tipo de interactividad) con valores posibles como “*Active*”, “*Expositive*”, “*Mixed*” significando interactividad activa, para los objetos de aprendizaje que presentan un modo de enseñanza que requiere una acción proactiva del alumno, interactividad expositiva, para los OAs donde los alumnos no interactúan, y mixta, que combina ambas modalidades educativas. En el caso de una evaluación el valor para este metadato es “*Active*” por requerir siempre una interacción por parte del alumno. La asignación de valores específicos a ciertos metadatos conocidos redundaría en dos ventajas: 1) contribuye a la correctitud en la definición de los metadatos, 2) contribuye a la completitud en la definición de los metadatos, ya que se ha comprobado que los usuarios sólo completa un conjunto mínimo de metadatos necesarios para la carga de un archivo.

Por otro lado, se tuvo en cuenta la necesidad de considerar también otros metadatos ampliamente usados como es el estándar Dublin Core. Esta decisión se tomó debido a que existen muchos recursos web y educativos descritos con este estándar y por lo tanto se puede lograr interoperabilidad al incorporar descripciones ampliamente adoptadas por la comunidad global.

En la figura 5.1 se muestra la relación de la ontología *Assessment Metadata* con los elementos de la red de ontologías. Como se observa la ontología *Assessment Metadata* está formada por componentes de la ontología *LOnto* situación que se expresa mediante la metarelación *usesSymbolsOf*. Así, *Assessment Metadata* reusa componentes de *LOnto* tales como los conceptos que modelan a los metadatos o descriptores de un OA: título, descripción, palabras clave, etc. Esta metarelación *UsesSymbolsOf* se presenta dado que la ontología *Assessment Metadata* define propiedades que toman valor en individuos que son clasificados por clases de la ontología *LOnto*. *UsesSymbolsOf* vincula las ontologías *Assessment Metadata* y *LOnto* de tal manera que se abstrae de la ontología *LOnto* particular que se está importando y se centra en cambio en los símbolos de *LOnto* que van a ser reutilizados.

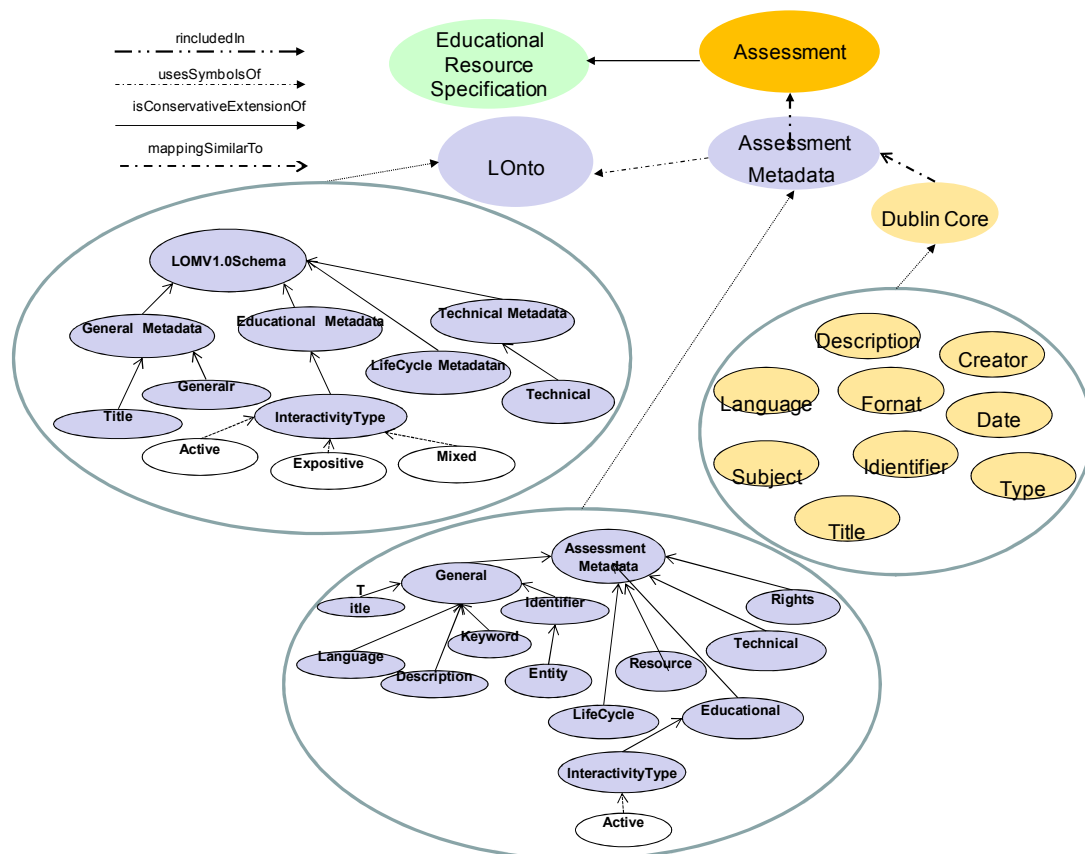


Figura 5.1. Conformación de la ontología *Assessment Metadata*

En la figura 5.1 se muestra una parte de los conceptos de las ontologías *LOnto* y *Assessment Metadata*. Se pueden identificar algunos elementos de *LOnto* considerados para *Assessment Metadata* como por ejemplo *General*, concepto que modela los metadatos que describen los OA de manera general como por ejemplo su título (metadato *title*). También, se observa la instanciación del concepto *InteractivityType* en donde se puede establecer la diferencia entre *LOnto* y *Assessment Metadata*. En el primer caso la instancia puede tomar los valores *active*, *expositive* o *mixed* y en el segundo caso solamente *active*.

En la misma figura se observa que *Assessment Metadata* también tiene una relación *mappingSimilarTo* con la ontología *Dublin Core*. Esta última ontología modela los metadatos del estándar más utilizado que tiene como finalidad describir recursos web. Esta metarelación que vincula ambas ontologías *Dublin Core* y *Assessment Metadata*, expresa que existe un alineamiento entre ambas, el cual cubre parte de la ontología *Dublin Core*. Es decir, se realizaron mapeos entre los elementos de las dos ontologías buscando coincidencias sintácticas y semánticas y, de esta manera, identificar metadatos que describen aspectos similares de una evaluación. En la misma figura se observa, por ejemplo, el término *title* coincidente en ambas ontologías, correspondiente

al metadato que identifica al título de ambos estándares. Es importante destacar que la mayoría de las correspondencias encontradas no son directas sino que fue necesario interpretar semánticamente a los metadatos antes de vincularlos. En la Sección 5.2.2 se explicarán las correspondencias encontradas.

### **5.1.1 Reutilización de la ontología LOnTo**

Dado que el proceso de crear ontologías desde su inicio como se propone en METHONTOLOGY (Gómez-Pérez y colab., 2004) consume tiempo y esfuerzo, se propuso reducir el tiempo y el esfuerzo requerido mediante la reutilización de recursos ontológicos disponibles.

En la actualidad existen diversos recursos ontológicos que se encuentran disponibles en sistemas de librerías ontológicas y en repositorios de ontologías, que pueden accederse a través de internet.

En el escenario 4 de la metodología NeOn llevada adelante los autores suponen que los desarrolladores de ontologías utilizan recursos ontológicos en el mismo dominio o en dominios similares al dominio de la red de ontologías que se está desarrollando. Los recursos ontológicos pueden haber sido desarrollados por los desarrolladores de ontologías o por otros. Esta propuesta tiene como prerequisite que el conocimiento general o específico del dominio a ser desarrollado debe estar disponible para la construcción de la red de ontologías.

Teniendo en cuenta esto, las actividades correspondientes al escenario 4 de la metodología NeOn realizadas son específicas de la reutilización de ontologías de dominio siguiendo las pautas establecidas por la metodología.

Para la reutilización de ontologías de dominio, la metodología NeOn propone actividades que se adecuan para la reutilización de ontologías de dominio de la siguiente manera

#### **Actividad 1. Búsqueda de ontologías de dominio**

Según la metodología, los desarrolladores de ontologías deben buscar las ontologías de dominio candidatas que satisfagan los requerimientos en repositorios en buscadores específicos. Estos recursos ontológicos pueden estar disponibles en diversos lenguajes o haber sido desarrollados con diferentes herramientas.

Si bien se comenzó con la premisa de utilizar LOnTo, para completar la actividad 1 se realizaron diferentes búsquedas en buscadores semánticos como Swoogle<sup>20</sup> o Watson<sup>21</sup> para

---

<sup>20</sup> <http://swoogle.umbc.edu/>

<sup>21</sup> <http://www.alfredotemiquel.com.mx/buscador-semantico-watson/>

determinar si existía otra ontología que pudiese ser considerada para este dominio. También, se realizó una intensiva búsqueda y análisis bibliográfico de artículos científicos con trabajos relacionados a ontologías en el dominio de e-assessment (Scoreanzi y colab., 2014). Dicha revisión bibliográfica puede encontrarse en el Anexo C de esta tesis. Con el resultado de la revisión se realizó un análisis con el objetivo de detectar el avance de la aplicación de las tecnologías semánticas en el dominio mencionado. Del análisis realizado se ha podido detectar la creciente aplicación de las tecnologías semánticas en el ámbito educativo y en muchos casos para la temática de la evaluación específicamente. Pero no se localizaron ontologías que reúnan las características de modelado requeridas, es decir, que modelen los términos y conceptos mencionados en el pre-glosario del DERO, con excepción de la ontología LOnto mencionada anteriormente. Como resultado del análisis efectuado, se realizó un modelo conceptual con los elementos principales detectados. Este trabajo se puede apreciar en detalle en el Anexo B de la tesis.

Como se expresara anteriormente, LOnto fue creada por desarrolladores de los cuales algunos participaron en el desarrollo de AOnet. Esta ontología incorpora la estructura conceptual de los metadatos de objetos de aprendizaje e implementa las relaciones existentes entre los mismos. Esta ontología es relevante para el problema abordado en la tesis ya que la misma plantea la evaluación como un recurso educativo (un objeto de aprendizaje) y la ontología de dominio seleccionada facilita la descripción de un OA de acuerdo a uno de los estándares más utilizados en el ámbito del e-learning.

Mediante la descripción apropiada de una evaluación, se colabora con su localización y recuperación por parte de profesores, alumnos y otros actores intervinientes en el proceso de enseñanza aprendizaje.

La ontología se encuentra implementada en OWL DL y su taxonomía original puede observarse en la figura 5.2. Los modelos correspondientes se muestran de manera parcial en las figuras 5.3 (a) y (b) (Romero y colab, 2010).



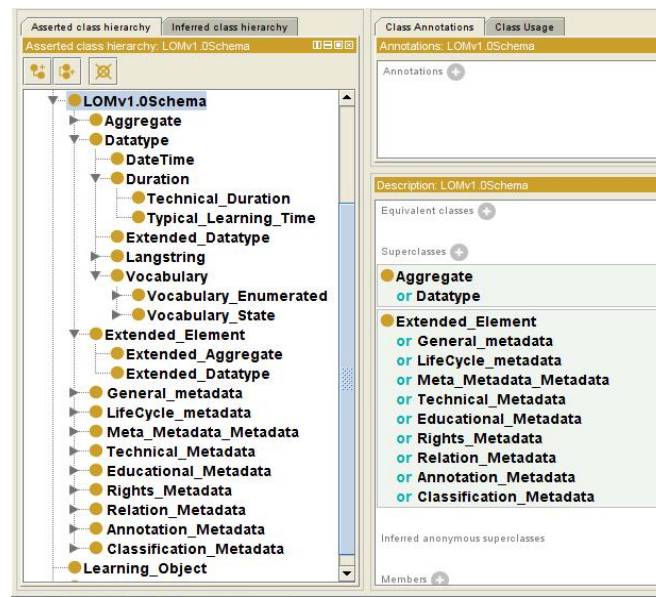


Figura 5.2. Taxonomía ontología de dominio LOnto

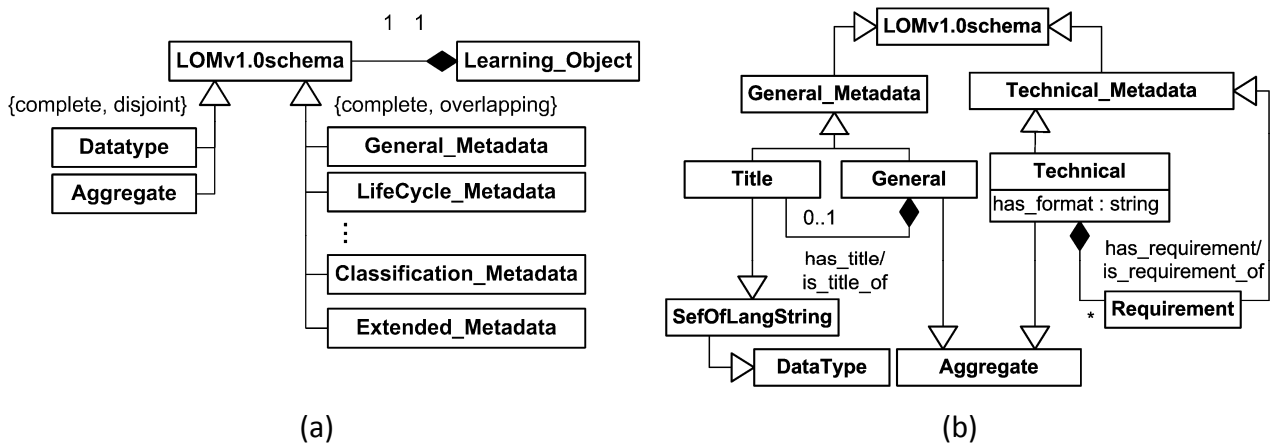


Figura 5.3. Modelo ontología de dominio LOnto seleccionada para reutilización

**Actividad 2. Evaluación de ontologías de dominio.**

De la actividad anterior, se decidió utilizar LOnto como la ontología para describir a las evaluaciones. Para asegurar la adecuación de esta ontología a los objetivos que se plantearon en el DERO de la red para el dominio de recursos educativos, es necesario realizar una inspección del contenido y verificar la granularidad de la misma. Esta evaluación tiene como objetivo determinar si la ontología seleccionada cubre total o parcialmente los requisitos detectados en el DERO.

Para realizar este análisis, se comprobó que LOnto contemple los términos que fueron especificados en el DERO para el dominio de recursos educativos y como segundo paso del análisis se comprobó si LOnto satisfacía las preguntas de competencia formuladas.

De la lista completa de términos se seleccionó un conjunto de metadatos adecuados para la descripción de una evaluación. Los términos identificados en el DERO, los metadatos de LOM y los términos existentes en LOnto se muestran en la tabla 5.1. Se observa la correspondencia directa y, por lo tanto, la cobertura de la ontología LOnto con respecto a los términos del documento de requerimientos. Por ejemplo, el término *Difficulty* de LOnto es el término con el que se puede describir una evaluación para responder la CQ ¿Cuál es el nivel de complejidad de una evaluación? El metadato *Difficulty* describe cuán difícil es trabajar con el OA descrito.

Tabla 5.1. Cobertura de términos de LOnto

Término DERO	Metadato LOM	Término LOnto
evaluación	lom:educational.learningResourceType.exam	No existe
Tipo	lom:educational.learningResourceType	Type
actor/agente	lom:educational.intendedEndUserRole	IntendedEndUserRole
Alumno	lom:educational.intendedEndUserRole.learner	learner
Tema	lom:lifeCycle.contribute.role.author	author
Autor	lom:educational.intendedEndUserRole.author	Author
fecha creación	lom:lifeCycle.contribute.date	Date
profesor	lom:educational.intendedEndUserRole.teacher	Teacher
contexto	lom:educational.context	Context
tiempo de respuesta	lom:educational.typicalLearningTime	Typical_Learning_Time
audiencia	lom:educational.context	Context
nivel de complejidad	lom:educational.difficulty	Difficulty
título	lom:general.title	Title
disponible	lom:lifeCycle.status.final	Final
estado	lom:lifeCycle.status	Status
borrador	lom:lifeCycle.status.draft	Draft
formato de archivo	lom:technical.format	Format
técnico	lom:technical	Technical_metadata
derecho de autor	lom:rights	Rights_metadata
descriptor	Metadata	LOMv1.0Schema
general	lom:general	General_Metadata
revisión	lom:lifeCycle.reviewed	reviewed

Término DERO	Metadato LOM	Término LOnto
evaluación	lom:educational.learningResourceType.exam	No existe
Recurso educativo	Learning object	Learning_object
palabra clave	lom:general.keyword	Keyword
Asignatura	No existe	No existe
Tema	No existe	No existe

*LOnto* presenta como ventaja que se encuentra basado en un estándar globalmente utilizado para recursos educativos como LOM de IEEE y considera todos los metadatos contemplados en el mismo. Pero al mismo tiempo presenta como deficiencia tres aspectos fundamentales: (a) No describe específicamente una evaluación sino cualquier recurso educativo, es decir, una evaluación es un tipo de OA de acuerdo al estándar LOM de IEEE y los metadatos describen cualquier tipo de OA, (b) no considera relaciones ni axiomas, sólo contempla relaciones taxonómicas entre distintas categorías de metadatos en concordancia con el estándar lo que permitiría su clasificación como ontología liviana, y (c) sólo considera el estándar LOM de IEEE sin tener en cuenta un estándar tan utilizado como Dublín Core.

Por lo tanto, si bien la evaluación es también un recurso de aprendizaje, existen valores específicos y cuestiones particulares que se pueden tener en cuenta con respecto a la descripción de las evaluaciones que se utilizan en el proceso de determinación del nivel de adquisición del conocimiento por parte de los alumnos que no son tenidas en cuenta en *LOnto*.

Por otro lado, hay algunos metadatos que no son esenciales para este trabajo dado que lo que más interesa es la descripción de las evaluaciones desde un punto de vista pedagógico. Es decir, los metadatos de la categoría *Educational* (educativa) son los más relevantes ya que describen las características educativas o pedagógicas principales de un OA. En la ontología *LOnto* el término correspondiente a la categoría *Educational* es *Educational\_Metadata* y los metadatos de esta categoría son especializaciones de este término, por ejemplo: *Typical\_Learning\_Time* corresponde al metadato *Typical Learning Time* que describe el tiempo típico aproximado que le lleva trabajar con el OA a la audiencia pretendida.

### Actividad 3. Selección de ontologías de dominio.

Dado que se pudo comprobar en la actividad anterior que L*Onto* es adecuada para describir una evaluación, se la selecciona para ser reusada. Dado que se identificaron inconvenientes en la misma, se decidió mejorar esta ontología agregando valores específicos, axiomas, reglas de integridad, identificando términos equivalentes con ontología *Dublín Core*, entre otras mejoras.

#### **Actividad 4. Integración de ontologías.**

Esta actividad implica la necesidad de integrar las ontologías de dominio seleccionados en la actividad anterior en la red de ontologías que se está construyendo. Siguiendo las actividades del escenario 1, como se mencionó anteriormente, la ontología de dominio seleccionada será reutilizada con cambios significativos ya que para solucionar el problema de las búsquedas y localización de las evaluaciones se debe: (a) seleccionar un subconjunto del estándar LOM, es decir, considerar un subconjunto de los términos de la ontología *L<sub>Onto</sub>* que permita una adecuada descripción de una evaluación considerando la misma como OA, (b) definir reglas y axiomas para facilitar controles de tipo pedagógicos, y (c) adicionalmente tener en cuenta un mapeo o traducción con términos de la ontología *Dublín Core* que posibilite recuperar evaluaciones que estén descriptas por cualquiera de los dos estándares en forma indistinta.

## **5.2 REINGENIERÍA Y ENRIQUECIMIENTO DE RECURSOS ONTOLÓGICOS**

Para la reingeniería de la ontología *L<sub>Onto</sub>* se utilizó el método propuesto en (Lozano y colab., 2013). Como resultado de la aplicación del mismo se obtuvo la ontología *AssessmentMetadata*.

El método mencionado recibe como entrada la ontología sobre la cual se va a realizar la ontología y el DERO resultante de la actividad de Especificación de Requerimientos. Los actores involucrados en esta actividad son expertos del dominio e ingenieros ontológicos.

La metodología comprende dos procesos fundamentales: reingeniería de la ontología y enriquecimiento de la misma.

A continuación se detallan las actividades realizadas para cada proceso.

### **Proceso 1. Reingeniería de la ontología**

#### **Actividad 1.1 Eliminar elementos innecesarios.**

La metodología propone eliminar propiedades, relaciones y términos innecesarios o que no representan objetos de interés en el mundo real.

Dado que la ontología *L<sub>Onto</sub>* fue diseñada para modelar todos los elementos del estándar LOM de IEEE y que, a los fines de este trabajo sólo se necesitan descriptores adecuados para una evaluación, se realizó esta actividad, adecuándola a la necesidad puntual del trabajo. Es decir, se

revisaron todos los elementos de la ontología para identificar términos que no representaban entidades en el dominio específico de una evaluación considerada como OA.

De la misma manera, como el objetivo del trabajo de tesis es colaborar con la generación de evaluaciones fortalecidas desde una perspectiva pedagógica, se decidió tomar un subconjunto de la ontología LOnto que contemple (a) los metadatos que describen a una evaluación en forma general (su título, autor, fecha de creación, etc., categoría *General Metadata* de LOM), y (b) los metadatos que describen a una evaluación desde una perspectiva pedagógica (categoría *Educational Metadata* de LOM). En consecuencia, se eliminaron los metadatos pertenecientes a otras categorías que no contribuían en estos aspectos teniendo como especial objetivo mejorar la descripción de las evaluaciones para favorecer su localización y reutilización.

No se consideraron los metadatos correspondientes a la categoría Meta-metadata del estándar LOM, cuya finalidad es describir el registro de metadatos en sí mismo. Se eliminaron las clases *Meta\_Metadata\_Metadata* y sus subclases *Identifier*, *Contribute*, etc. y las subclases de estas.

También, se dejaron de lado los términos correspondientes a la categoría *Annotation\_Metadata* dado que esta categoría provee comentarios acerca del uso educativo del OA. El uso educativo del OA *Assessment* es la evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje. También no se tuvieron en cuenta sus subclases *Annotation\_Entity*, *Annotation\_Date*, *Annotation\_Description*.

Siguiendo el mismo criterio se dejaron de lado los términos correspondientes a la categoría *Classification\_Metadata* y sus subclases.

### **Actividad 1.2 Identificar términos principales de la ontología.**

Esta actividad implica realizar tareas para identificar términos principales del dominio y términos de la ontología que representan las entidades principales.

Para realizar esta actividad se utilizó el DERO resultante de la especificación de requerimientos. Como resultado se obtuvo la lista de términos que se muestra parcialmente en la tabla 5.2. El término con mayor frecuencia es evaluación que no se encontraba presente en la ontología.

En algunos casos se realizó una correspondencia semántica. Por ejemplo, en el caso del término de dominio “Tiempo para responder”. Este término no es directamente equivalente a la entidad de la ontología “Typical learning time”, pero dado que la definición del metadato *typical learning time* es el tiempo que lleva a un alumno perteneciente a la audiencia pretendida trabajar

con el objeto de aprendizaje, se determinó que ambos términos eran sinónimos en el contexto evaluación.

### Actividad 1.3 Analizar términos, sus propiedades y relaciones.

Esta actividad se realiza en ciclos e incluye renombrar el término siguiendo la estandarización de nombres, analizar las relaciones que tienen al término considerado en su dominio y analizar las propiedades asociadas. La tabla 5.2 muestra el resultado de esta actividad.

Tabla 5.2. Términos principales del dominio evaluación y entidades de LOnto

<i>Términos principales del dominio</i>	<i>Entidades de la ontología</i>
Evaluación	No existe
Fecha	Date
Creación	Contribution date
Contexto	Context
Tiempo para responder	Typical learning time
Audiencia	Audience
Título	Title
Borrador	Draft
Técnicas	Technical_metadata
Derechos de autor	Rights
Descriptorios generales	General_metadata
Estado	Status
Revisión	Reviewed
Disponibilidad	Available
Palabra clave	Keyword
Tipo	Type
Actor	IntendedEndUserRole
Autor	Author
Complejidad	Difficulty
Formato	Format

Las entidades de la ontología LOnto poseen la denominación correspondiente al estándar LOM seguida del término “metadata”. Se modificaron los nombres dejando solamente el identificador correspondiente al estándar quitando el término “metadata”. Por ejemplo la clase *General\_metadata* pasó a denominarse *General*.

Se modificó el nombre del término raíz de LOnto, LOMv1.oSchema por *AssessmentMetadata*.

En cuanto a las relaciones, en la ontología sólo estaban definidas las relaciones taxonómicas o jerárquicas. Por lo tanto, al eliminar un término correspondiente a la taxonomía, se eliminan las relaciones jerárquicas que lo involucran. Es decir, luego de la eliminación de los términos realizada en la actividad 1.1 no habían quedado pendientes relaciones que no fueran de interés para el término. También se controlaron las propiedades y sus rangos, modificándolos en los casos necesarios.

#### **Actividad 1.4 Identificar términos sin analizar.**

Esta actividad tiene como fin identificar términos no analizados luego de haber realizado la actividad 1.3., dada la alta probabilidad de que sean términos que no resulten necesarios y, de esta manera, proceder a su eliminación.

Por este motivo, se realizó un nuevo análisis de los términos de la ontología procediendo a la decisión de la eliminación en los casos en que era requerido por no ser necesarios para el dominio.

Las actividades 1.5. Identificar relaciones sin analizar 1.6 Identificar propiedades sin analizar y 1.7 Eliminar anotaciones innecesarias, no fueron realizadas dado que la ontología original sólo tenía definidas relaciones jerárquicas y no había otro tipo de relaciones, tampoco se aplicó ontology learning (Maedche, 2002) por lo que tampoco contaba con anotaciones.

#### **Actividad 1.8 Reestructurar la ontología.**

Esta actividad modifica la estructura de la ontología con el fin de cumplir criterios de diseño como el de minimización de la distancia semántica entre términos hermanos mediante la realización de tareas para transformar términos en propiedades (para términos que no representan una entidad en el dominio sino una propiedad) y para reestructurar la jerarquía de términos (creando subtérminos u ordenarlos creando la clasificación).

Como la taxonomía de la ontología respeta la estructura jerárquica del estándar, no hubo necesidad de reestructurar los niveles.

#### **Proceso 2. Enriquecimiento de la ontología**

El concepto principal de la ontología *Assessment Metadata* es *AssessmentMetadata* con varias subclases como la *Educational*, *General*, *Rights*, *LifeCycle*, entre otros, que corresponden a las categorías propuestas en el estándar LOM y que surgieron de la reingeniería de LOnto, como se mencionara anteriormente.

De las tareas propuestas por la metodología se realizaron dos: agregar nuevos términos y agregar axiomas.

### **Actividad 2.1 Agregar nuevos términos.**

No se incorporaron nuevos términos a la ontología. Los términos “evaluación”, “asignatura” o “tema” que faltan en la ontología *Assessment Metadata* según se detectó luego del análisis del DERO, se modelaron en otras ontologías de la red AOnet y se encuentran vinculadas con sus metadatos a través de las metarelaciones correspondientes.

Se propusieron valores específicos para algunos términos dado que LO es una evaluación. Como ya se mencionó previamente esto ayuda a la correctitud y completitud de los metadatos. Estos valores se presentan a continuación y se pueden observar en la figura 5.4:

- *Status* describe la condición de una evaluación. El estado de una evaluación puede ser “*draft*”, “*final*”, “*reviewed*” o “*unavailable*” de acuerdo con el estado de desarrollo de la misma.
- *Interactivity Type* describe el modo predominante de aprendizaje dado en una evaluación. Asumimos que el valor de una evaluación es “*active*” porque un examen directamente induce una acción proactiva del alumno.
- *Interactivity Level* describe el grado de interactividad que caracteriza a la evaluación. La interactividad en este contexto se refiere al grado al que el alumno puede influir en el aspecto o el comportamiento de la evaluación. Asumimos que la evaluación requiere de nivel de interactividad cuyo valor es “*very high*”, obviando otros valores propuestos por el estándar.
- *Intended End User Role* describe el/los usuario(s) principal/es para el que fue diseñado este OA. LOM propone algunos valores: “*professor*”, “*author*”, “*learner*” y “*administrator*”. Se diferencia con el estándar LOM en el uso de “*professor*” en lugar de “*Educator*” dado que el último es más general, *professor* es más adecuado para el ámbito universitario.
- *Context* asume el valor “*Higher Education*” porque este trabajo se desarrolla en el contexto universitario.



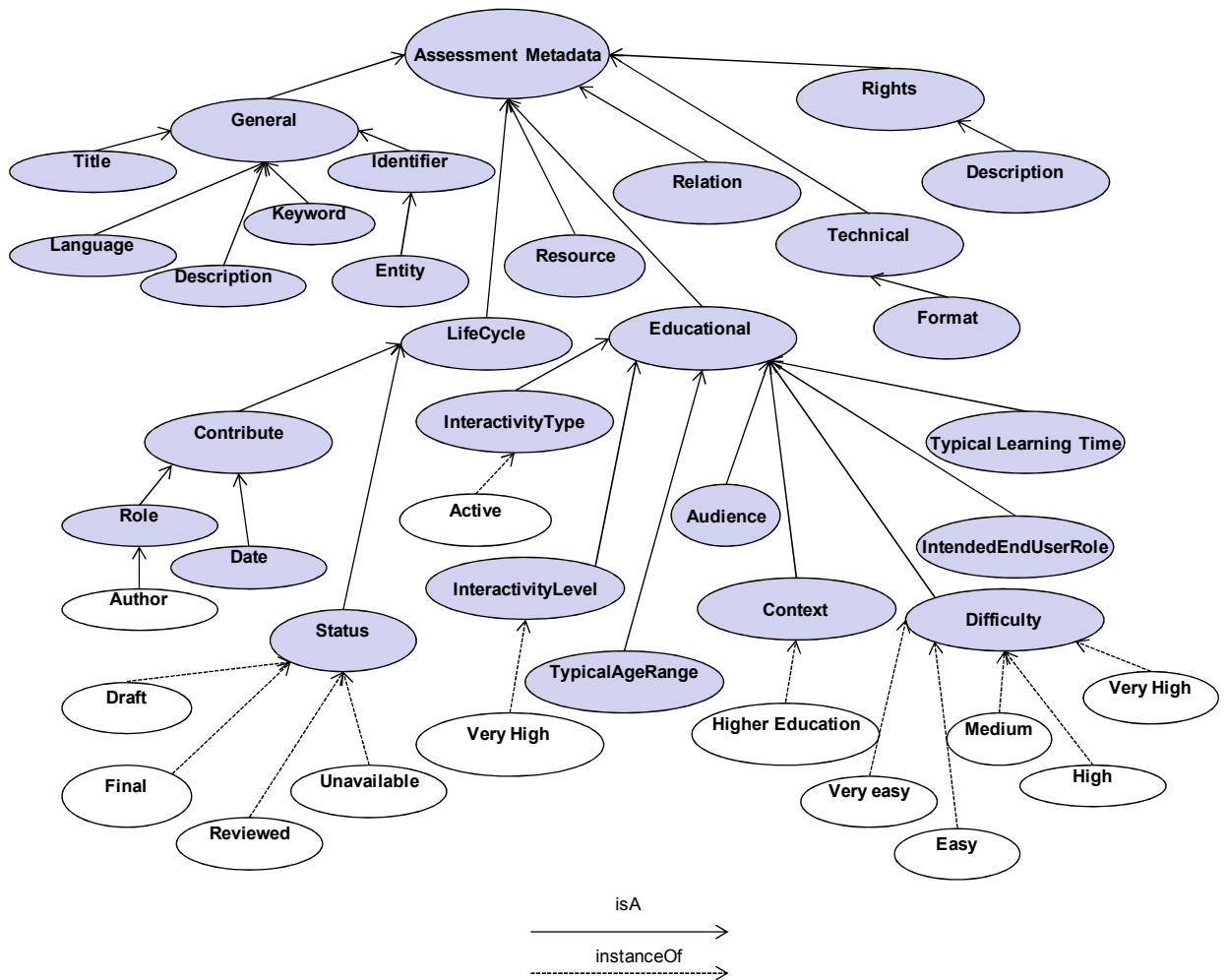


Figura 5.4. Modelo ontología de dominio seleccionada para reutilización

- *Difficulty* identifica la dificultad que representa trabajar con la evaluación para audiencia prevista. Se asume que la audiencia típica se caracteriza por el valor del metadato *context*. El espacio de valores tiene opciones como "very easy", "easy", "medium", "difficult" y "very difficult". Esta propuesta crea instancias de la ontología con todas las opciones y pre selecciona la opción "medium" por ser considerada la evaluación más común.
- *Language* propone "spanish" como valor por defecto, pero otros valores son posibles. Se propone el español dado que esta investigación se lleva a cabo en un país latinoamericano.
- *Typical Learning Time* modela el tiempo promedio que se necesita para resolver la evaluación para la audiencia prevista, caracterizada por el metadato *Context*.
- *Description* modela comentarios sobre cómo es la evaluación que se realizará.

### Actividad 2.2 Agregar axiomas.

Esta actividad consiste en revisar las relaciones definidas en la ontología y agregar las restricciones de cardinalidad y existencialidad donde corresponda. Agregar axiomas relacionales y restricciones.

Con el fin de colaborar con las búsquedas y localización de las evaluaciones se definieron axiomas para la descripción de las evaluaciones de manera consistente. Estos axiomas son descripciones de evaluaciones, por lo tanto, los términos de *Assessment Metadata* necesitan relacionarse con el término *Assessment* de la ontología *Assessment*. Por lo tanto, estos axiomas se implementarán cuando la red completa esté implementada.

Algunos ejemplos de los axiomas definidos se pueden ver en la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Axiomas de Assessment Metadata

<i>Description</i>	<i>First-Order Logic</i>
1. the interactivity type of an assessment is "active"	$\neg \exists x \text{Assessment}(x) \Rightarrow (\exists y \text{InteractivityType}(y) \wedge \text{isSchemaFor}(y,x) \wedge y = \text{"active"})$
2. the interactivity level of an assessment is "very high"	$\neg \exists x \text{Assessment}(x) \Rightarrow (\exists y \text{InteractivityLevel}(y) \wedge \text{isSchemaFor}(y,x) \wedge y = \text{"very high"})$
3. the context of an assessment is higher education	$\neg \exists x \text{Assessment}(x) \Rightarrow (\exists y \text{Context}(y) \wedge \text{isSchemaFor}(y,x) \wedge y = \text{"higher education"})$

#### 5.2.1 Implementación de la ontología *Assessment Metadata*

La ontología *Assessment Metadata* se implemento en OWL2 usando el editor de ontologías Protégé siguiendo el modelo conceptual presentado anteriormente.

La Figura 5.5 muestra la taxonomía de la ontología. En la misma se puede observar que las clases correspondientes a los metadatos de tipo generales especializan la clase *General* en las clases *Title*, *Keyword*, *Language*, modelando los metadatos correspondientes al título de la evaluación, las palabras clave que la identifican, el lenguaje en el que están desarrolladas respectivamente. En general, para el lenguaje se utilizará el idioma español para las evaluaciones y eventualmente el inglés.

En la misma figura se observa la clase de los metadatos que describen a una evaluación desde una perspectiva pedagógica, clase *Educational*, como ser *Audience*, *Context*, *Difficulty*, *IntendedEndUserRole*, *InteractivityLevel*, *InteractivityType*, *TypicalAgeRange* o *TypicalLearningTime*. Estos metadatos describen la audiencia destinataria de la evaluación, su contexto, el nivel de dificultad de la misma, el rol pretendido del usuario final y el tipo y nivel de interactividad. Todas estas categorías serán descritas con mayor detalle más adelante en este capítulo. En la figura se observa, también el único individuo de la clase *InteractivityType* que es *Active* para la descripción del nivel de interactividad de una evaluación cualquiera.

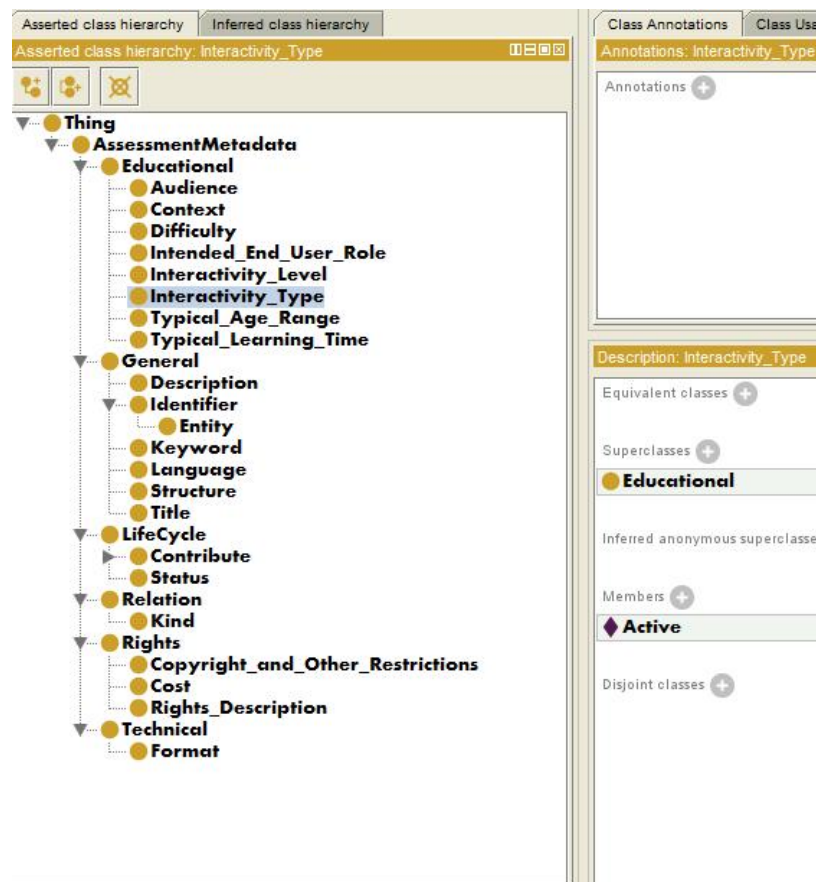


Figura 5.5. Assessment Metadata. Taxonomía en el editor de ontologías

En la figura 5.6 se presenta la jerarquía de clases de *Assessment Metadata* generada con la herramienta visual OWL Viz, disponible en el editor Protege. Esta figura incluye las clases de la ontología *Assessment Metadata* y las relaciones de jerarquía que se presentan entre ellas.



Figura 5.6. Assessment Metadata. Jerarquía de conceptos

### Proceso 3. Verificación y validación de la ontología

Para la evaluación de la ontología se aplicó, en primer lugar, la herramienta OOPS! para detectar errores comunes en su diseño. El resultado se muestra en la figura 5.7. Como se observa, la herramienta distingue entre errores menores, importantes y críticos. Para el caso de la ontología validada, existen diferentes tipos de errores que fueron solucionados. El tratamiento que se hizo de los errores se detalla a continuación:

## Evaluation results

It is obvious that not all the pitfalls are equally important; their impact in the ontology will depend on multiple factors. For this reason, each pitfall has an importance level attached indicating how important it is. We have identified three levels:

- **Critical** 🚫 : It is crucial to correct the pitfall. Otherwise, it could affect the ontology consistency, reasoning, applicability, etc.
- **Important** ⚠️ : Though not critical for ontology function, it is important to correct this type of pitfall.
- **Minor** 🟡 : It is not really a problem, but by correcting it we will make the ontology nicer.

[Expand All] | [Collapse All]

<b>Results for P04: Creating unconnected ontology elements.</b>	<b>1 case   Minor</b> 🟡
<p>Ontology elements (classes, relationships or attributes) are created with no relation to the rest of the ontology. An example of this type of pitfall is to create the relationship "memberOfTeam" and to miss the class representing teams; thus, the relationship created is isolated in the ontology.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• This pitfall appears in the following elements:                      &gt; <a href="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1391602536.owl#AssessmentMetadata">http://www.owl-ontologies.com/Ontology1391602536.owl#AssessmentMetadata</a></li> </ul>	
<b>Results for P08: Missing annotations.</b>	<b>24 cases   Minor</b> 🟡
<b>Results for P10: Missing disjointness [1, 2, 3].</b>	<b>ontology*   Important</b> 🚫

Figura 5.7. Assessment Metadata. Aplicación de la herramienta OOPS!

- **Creación de elementos no conectados.** En este caso, la herramienta detecto la falta de vínculos del elemento *AssessmentMetadata* con el resto de los elementos de la ontología. No se realizaron modificaciones al respecto dado que este elemento es el elemento principal de la jerarquía de metadatos y es el elemento que se vinculará con los otros elementos de la red.
- **Falta de anotaciones en las propiedades y relaciones.** Si bien los nombres de los términos utilizados para la ontología son los utilizados en el estándar LOM, se incorporaron las descripciones que den mejor idea del significado de cada uno. Por ejemplo para el metadato *Context* se incorpora la siguiente definición

```
<AnnotationAssertion>
  <AnnotationProperty abbreviatedIRI="rdfs:comment"/>
  <IRI>#Context</IRI>
  <Literal datatypeIRI="&xsd:string">The principal environment within which the assessment is intended to take place
</Literal>
</AnnotationAssertion>
```

- **Falta de disyunción en general en la ontología.** Se definieron disyunciones, por ejemplo las clases *General*, *Educational*, *LifeCycle*, *Relation* y *Technical* son disjuntas. Un ejemplo de las disyunciones definidas se puede apreciar en la figura 5.8. Una instancia de la clase *Educational* no puede ser al mismo tiempo instancia de la clase

*General*. Es decir, los metadatos que pertenecen a la categoría *General* no pueden ser al mismo tiempo metadatos de la categoría *Educational*.

```
<DisjointClasses>
  <Class IRI="#Educational"/>
  <Class IRI="#General"/>
</DisjointClasses>
```

Figura 5.8. Assessment Metadata. Definición de disjunción de clases en OWL2

También, se ejecutó el razonador Pellet' para verificar la consistencia formal de la ontología *Assessment Metadata* y no se detectaron inconvenientes.

En cuanto a la evaluación de los requerimientos de la ontología, se consideró oportuno realizar las consultas en la red completa ya que los metadatos tienen valores al estar describiendo una evaluación particular. Es decir, el concepto *title* o el concepto *keyword* tendrán valores específicos cuando describan a una evaluación determinada.

### 5.2.2 Mapeo de la ontología Assessment Metadata y la ontología Dublín Core

Teniendo en cuenta que la evaluación es también un recurso web cuando se maneja en un entorno de e-learning o cuando se encuentra disponible en un repositorio de acceso abierto, se ha enriquecido esta ontología mediante la definición de correspondencias entre ésta y la ontología de metadatos Dublin Core.

En primer lugar se importó la ontología *Dublin Core*<sup>22</sup> como ontología única, es decir, esta ontología no forma parte de la red AOnet. La versión que se importó corresponde a la versión que modela los términos como propiedades de objeto y tipos de datos.

En la figura 5.9 se puede apreciar la taxonomía de la ontología *Dublín Core* en OWLViz.

<sup>22</sup> [http://purl.org/NET/dc\\_owl2dl/terms\\_od](http://purl.org/NET/dc_owl2dl/terms_od)

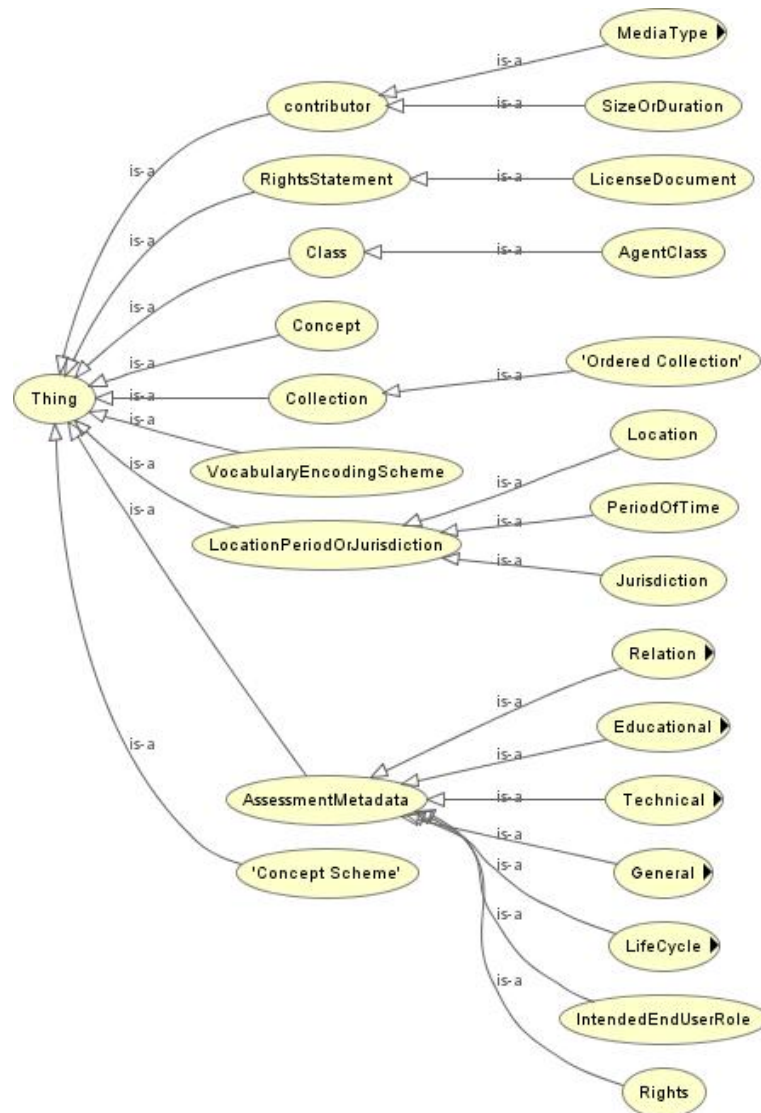


Figura 5.9. Taxonomía de la ontología Dublin Core.

En segundo lugar se realizó un proceso de correspondencia considerando el aspecto sintáctico de las ontologías. Cabe aclarar que el prefijo meta se utiliza para identificar el vocabulario de los términos de la ontología *Assessment Metadata*.

Por ejemplo, se identificaron los siguientes elementos equivalentes desde su sintaxis (Euzenat y colab., 2007):

- *dc:title* y *meta:general.title*. Ambos metadatos describen el título. En el caso de DC describe el título de un recurso web y en el caso de *Assessment Metadata* describe el título de una evaluación.
- *dc:MeidaTypeOrExtent.format* y *meta:technical.format*. Ambos metadatos describen el formato técnico de una evaluación.

Luego, se realizó un proceso de comparación manual considerando los aspectos semánticos de ambas ontologías mediante el análisis de los estándares LOM y Dublin Core. Algunas de las correspondencias identificadas son:

- Se estableció una relación de equivalencia entre *dc:contributor* y *meta:lifecycle.contribute.role.author* ambos términos representan el diseñador de una evaluación.
- Se estableció una relación de equivalencia entre *dc:RightsStatement* y *meta:Rights*, ya que ambos metadatos permiten describir los derechos de autor de un recurso/OA.
- Se estableció una relación de equivalencia entre *dc:subject* y *meta:general.keyword*. De acuerdo con *Dublín Core*, *subject* se utiliza para identificar los elementos básicos en un recurso, mientras que la palabra clave se utiliza para identificar las frases que describen el tema de evaluación
- Se estableció una relación de equivalencia entre *dc:relation* y *meta:relation.resource*. Ambos se refieren a otros recursos identificados con los que se relaciona el recurso descrito por el metadato.

### 5.3 INCORPORACIÓN DE LA ONTOLOGÍA ASSESSMENT METADATA

En el capítulo 5 se detalló la integración de las ontologías *Assessment* e *Instrument*. Este se puede considerar como el comienzo de la red de ontologías AOnet.

Tomando estas ontologías integradas como base, se procedió a importar la ontología *Assessment Metadata*. También, se realizó una importación del concepto *Educational Resource* de la ontología *Educational Resource Specification*.

En la figura 5.10 se observan las relaciones establecidas para la integración mencionada. Se relacionó el concepto *Assessment* como especialización del concepto *EducationalResource*. El concepto *Assessment* se relaciona con el concepto *AssessmentMetadata* a través de la relación *isDescribedBy*, expresando que una evaluación se describe a través de los metadatos correspondientes.



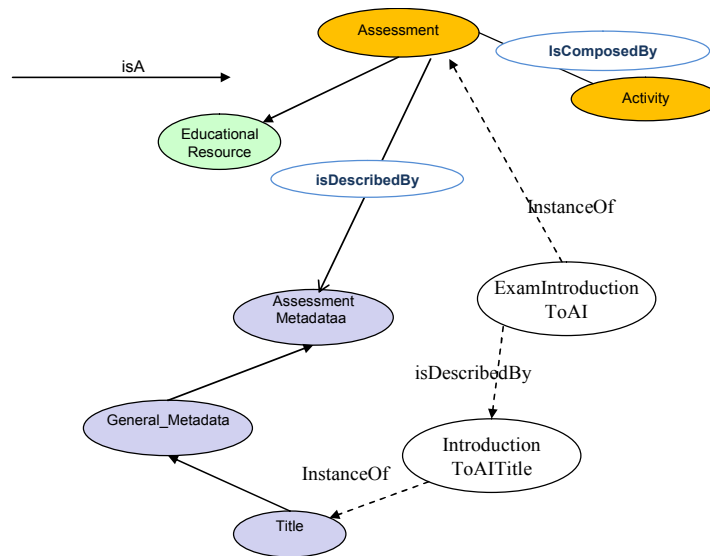


Figura 5.10. Integración de la ontología Assessment Metadata.

Si bien en la figura sólo se modela la relación *isDescribedBy* por razones de claridad en el modelo, en la práctica también se encuentra implementada la relación inversa denominada *describes*, que expresa que los metadatos modelados en la clase *AssessmentMetadata* describen a las evaluaciones de la clase *Assessment*. Se puede observar una instanciación de estas clases para mayor claridad. Así, una instancia de *Assessment* se describe a través de una instancia de *Title* identificando en este caso particular el título de la evaluación.

En la figura 5.11 se muestra la implementación de la restricción de cardinalidad de la relación *isDescribedBy* en el editor Protégé.



Figura 5.11. AOnet. Implementación de la relación *isDescribedBy* en el editor

La taxonomía de la red con la incorporación de la ontología *AssessmentMetadata* y de la ontología *Educational Resource Specification* se muestra en la figura 5.13. Sólo se muestran tres niveles de la jerarquía. En la misma se observa el concepto *Assessment* como una especialización del concepto *EducationalResource*, expresando que una evaluación es un recurso educativo o un OA. También se observa la incorporación de la estructura jerárquica del concepto *AssessmentMetadata* modelando todos los descriptores de una evaluación.

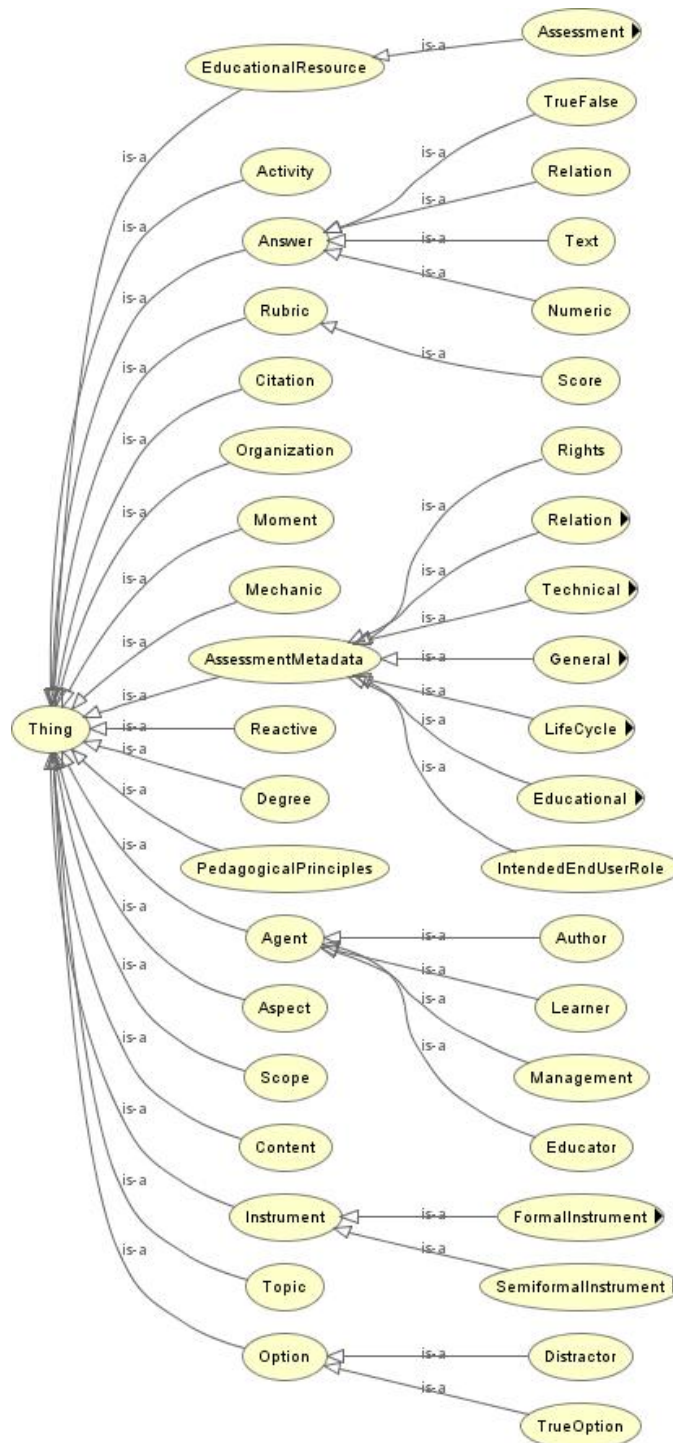


Figura 5.13. AONet. Jerarquía de conceptos

## 5.4 INTEGRANDO TODO EN AONet

La implementación de una instancia en el editor de ontologías se muestra en la figura 5.14. En la misma se observa que esa instancia de *Assessment* está relacionada con las instancias *searchActivity* y *machineLearningActivity* a través de la relación *isComposedBy* y que está

relacionada con la instancia *introductionToIATitle* a través de la relación *isDescribedBy*, expresando que esa evaluación está descrita por el título contenido en la instancia de la clase *Title* que especializa a la clase *AssessmentMetadata*.

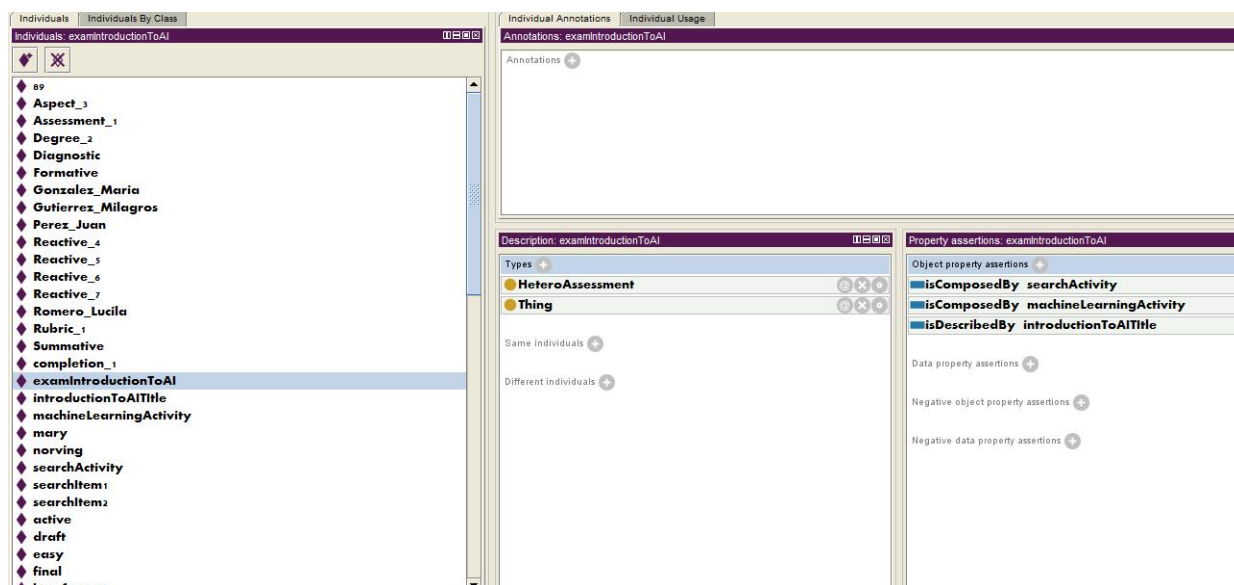


Figura 5.10. AO.net. Implementación de la instancia *examIntroductionToIA* en el editor de ontologías

## 5.4 CONCLUSIONES

Este capítulo se centró en la reutilización de recursos ontológicos para la red AO.net como indica la metodología NeOn en la utilización del escenario 4. En este sentido, se mostraron las actividades desarrolladas para la selección de la ontología LOnto destinada a modelar la descripción de un Objeto de Aprendizaje siguiendo el estándar LOM.

Luego se detallaron las actividades realizadas para la reingeniería de LOnto. Dichas actividades permitieron obtener la ontología *Assessment Metadata* que comprende un conjunto de los elementos de *LOnto*, adecuados para la descripción de evaluaciones. Se asignaron valores específicos a algunos términos dado que se describe un tipo particular de LO.

Luego se realizó un mapeo de la ontología *Assessment Metadata* con la ontología *Dublin Core*. El objetivo de este mapeo fue determinar correspondencias sintácticas y semánticas entre los términos utilizados en la ontología *Assessment Metadata* para la descripción de evaluaciones y los metadatos correspondientes al estándar más utilizado globalmente para la localización de recursos web.

*Assessment Metadata* fue desarrollada teniendo en cuenta los estándares más utilizados para la descripción adecuada de una evaluación. Con este detalle se describe la evaluación desde un punto de vista general pero también pedagógico, dado que se consideraron los términos de la

categoría *Educational* de LOM y se han incorporado axiomas con el fin de restringir la forma en que una evaluación puede describirse utilizando la ontología *Assessment Metadata*.

Luego, se integró la ontología *AssessmentMetadata* a la red de ontologías AOnet. Para ello, se establecieron e implementaron relaciones específicas que permiten articular toda la información modularizada.

De esta manera se colabora con la localización y recuperación de las evaluaciones por parte de los profesores, los alumnos y los sistemas de software en general, tanto en entornos de e-learning como en repositorios de acceso abierto.



## CAPÍTULO 6: EVALUACIÓN DE AONET

En capítulos anteriores se presentaron los desarrollos ontológicos mostrando el mismo organizado por dominios. En primera instancia se presentó el dominio Evaluación, donde se desarrollaron las ontologías *Assessment* e *Instrument*, se detalló el desarrollo, implementación y evaluación de las ontologías individuales para luego proceder a demostrar su consistencia en el funcionamiento integrado. Luego, se presentó el desarrollo de las ontologías correspondientes al dominio Recursos Educativos donde se muestra, principalmente, la reutilización y enriquecimiento de la ontología *Assessment Metadata* y su posterior evaluación. Finalmente, *Assessment Metadata* se integró con las ontologías anteriormente descriptas.

En este capítulo se completa la red de ontologías AOnet y se procede a su evaluación siguiendo los lineamientos utilizados para la evaluación de los componentes individuales de la misma.

### 6.1 RED DE ONTOLOGÍAS AONET

Para completar la red de ontologías AOnet resta considerar el dominio de los cursos o asignaturas impartidas. Este dominio, como se expresara en el capítulo 3, es aquel donde se encuentran modelados los conceptos y temas abordados en cada curso dictado. Si bien en el mismo capítulo se expresó que los temas y conceptos abordados en el proceso de enseñanza aprendizaje son particulares para cada dominio de conocimiento, se consideró una estructura general representativa de la organización de los mismos en donde se reconocen términos como el programa de la asignatura, el plan de estudios, las unidades, los temas. En la ontología *CourseDomainSpecification* se importó la ontología *AICourse*, una ontología que modela el plan de una materia de Inteligencia Artificial. Instancias de esta última materia son *AiUTNFRSF*, correspondiente a una asignatura de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe y *AiStanford*, correspondiente al curso de Inteligencia Artificial de la Universidad de Stanford que se viene llevando adelante como ejemplo en esta tesis. Ambas clases modelan cursos reales impartidos en ambas instituciones mencionadas. Otra instancia de la clase *CourseDomainSpecification* es *DEVSCourse* correspondiente a un curso de posgrado dictado en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe.

Luego de importar la ontología *AICourse* se definieron las relaciones jerárquicas necesarias para modelar las especializaciones del dominio. Por ejemplo la clase *AICourse* es una especialización

de la clase *CourseDomainSpecification*, *DEVSCourse* es otra especialización de la misma clase. Esta taxonomía se muestra en la figura 6.1. En la misma se observan otras especializaciones como por ejemplo las clases *DEVSPlan* y *AIPlan* que son especializaciones de la clase *Plan* que modela el plan de estudio de los cursos mencionados anteriormente.

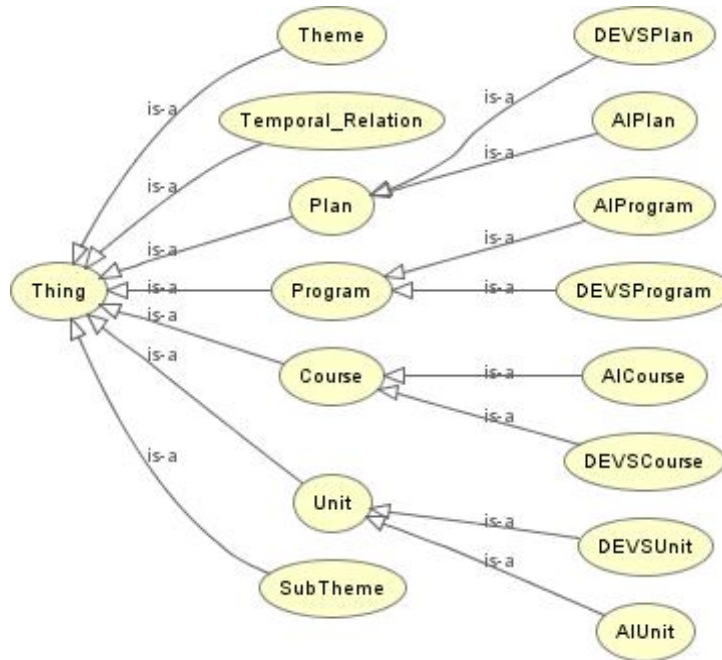


Figura 6.1. Taxonomía de la ontología Course Specification & Artificial Intelligence Course

La ontología *CourseDomainSpecification* con la inclusión de las ontologías de los cursos, fue integrada a la red en construcción mediante la relación *employs* entre su concepto principal *Course*, con el concepto *EducationalResource* de la ontología *EducationalResourceSpecification*. Esta relación expresa que un curso emplea recursos educativos para abordar el proceso de enseñanza aprendizaje. También se definió la relación *evaluates* entre el concepto principal de la ontología *Assessment*, concepto *Assessment*, y el concepto *Unit* de la ontología *CourseDomainSpecification*: La relación *evaluates* expresa que una instancia de la clase *Assessment*, es decir una evaluación, permite evaluar unidades de un curso que se encuentran modeladas en la clase *Unit*.

Esta relación se muestra en la figura 6.2, donde se puede apreciar las relación *employs* y *evaluates* mencionadas, parte de los componentes de la ontología *Course Domain Specification* como por ejemplo las clases *Program*, *Unit* y *AIUnit* y otras ontologías ya anteriormente descritas e integradas en la red.

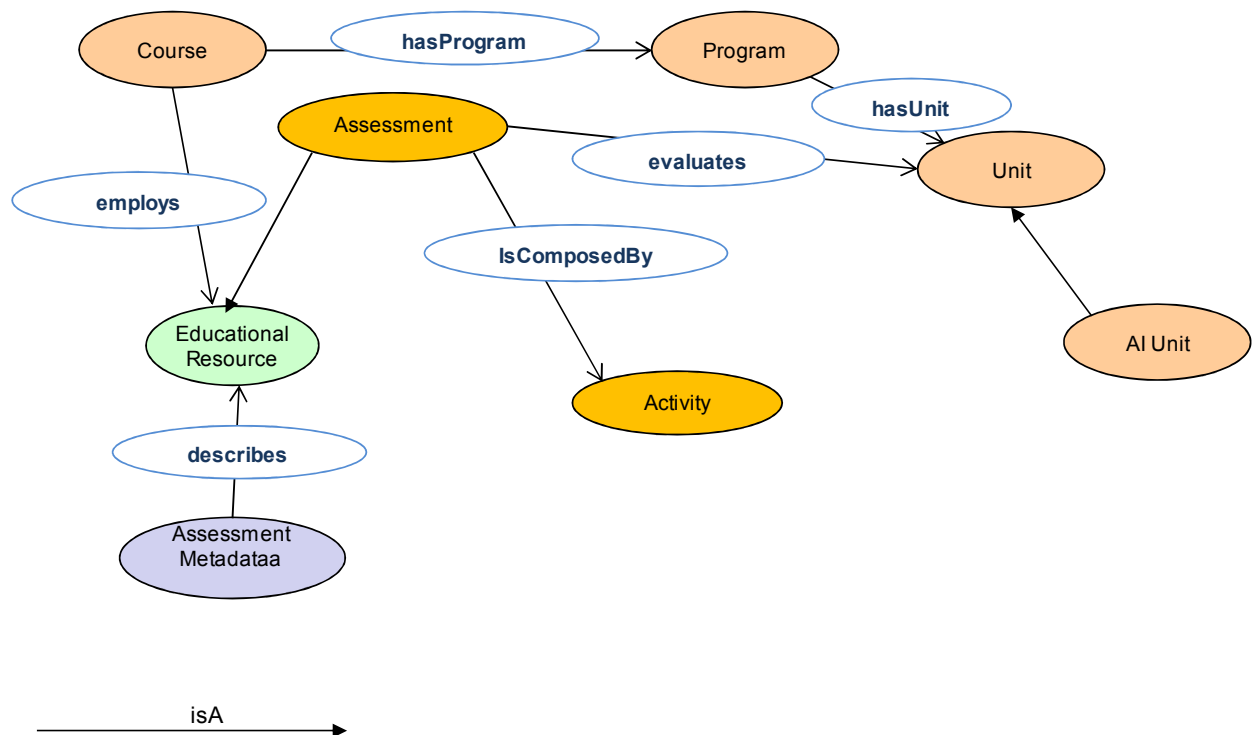


Figura 6.2. Integración de la ontología *Course Domain Specification* en la red de ontologías

De esta manera, queda constituida la red AONet completa, con la totalidad de las ontologías miembro de la misma, vinculadas entre sí. La estructura de la red AONet propuesta en el capítulo 4 y la definición de los conceptos y relaciones se puede apreciar en la figura 6.3.

En la figura se observan los dominios identificados en el capítulo 4, *Course* (Curso), *Educational Resources* (Recursos Educativos) y *Assessment* (Evaluación), las ontologías definidas en cada dominio y las metarelaciones que las vinculan con nombres adecuados para brindar mayor expresividad semántica al modelado.

- Dominio *Course*: Contiene las ontologías *CourseDomainSpecification* que modela la estructura de un curso en programa, unidades y temas, y su especialización en la ontología *Artificial Intelligence Course*.
- Dominio *Educational Resource*: Contiene la ontología *Educational Resource Specification* que modela los recursos educativos utilizados en el curso. Entre las ontologías *CourseDomainSpecification* y *Educational Resource Specification* existe la relación *employs* que expresa que un curso emplea recursos educativos. También en este dominio se encuentra la ontología *Assessment Metadataa* que modela las descripciones de un tipo especial de recurso educativo que es la evaluación.



- Dominio *Assessment*:** Contiene la ontología *Assessment* que modela la estructura de las evaluaciones en conceptos como tipo, momento, actividades y reactivos, y la ontología *Instrument* que modela los instrumentos que se pueden utilizar en una evaluación, como pruebas objetivas, ensayos, etc. Entre ambas ontologías se definió la metarelación *uses* dado que en una evaluación se utilizan estos instrumentos. Luego, La ontología de *Assessment Metadata* se relaciona con la ontología *Assessment* a través de la relación *describes*, expresando que la ontología de metadatos contiene descriptores para las evaluaciones.

La implementación de la relación *employs* se muestra en la figura 6.4 en código OWL2. En 6.4 (a) se puede acceder al código OWL2 donde se definen dominio y rango de la propiedad *employs*, clases *Course* y *EducationalResource* respectivamente.

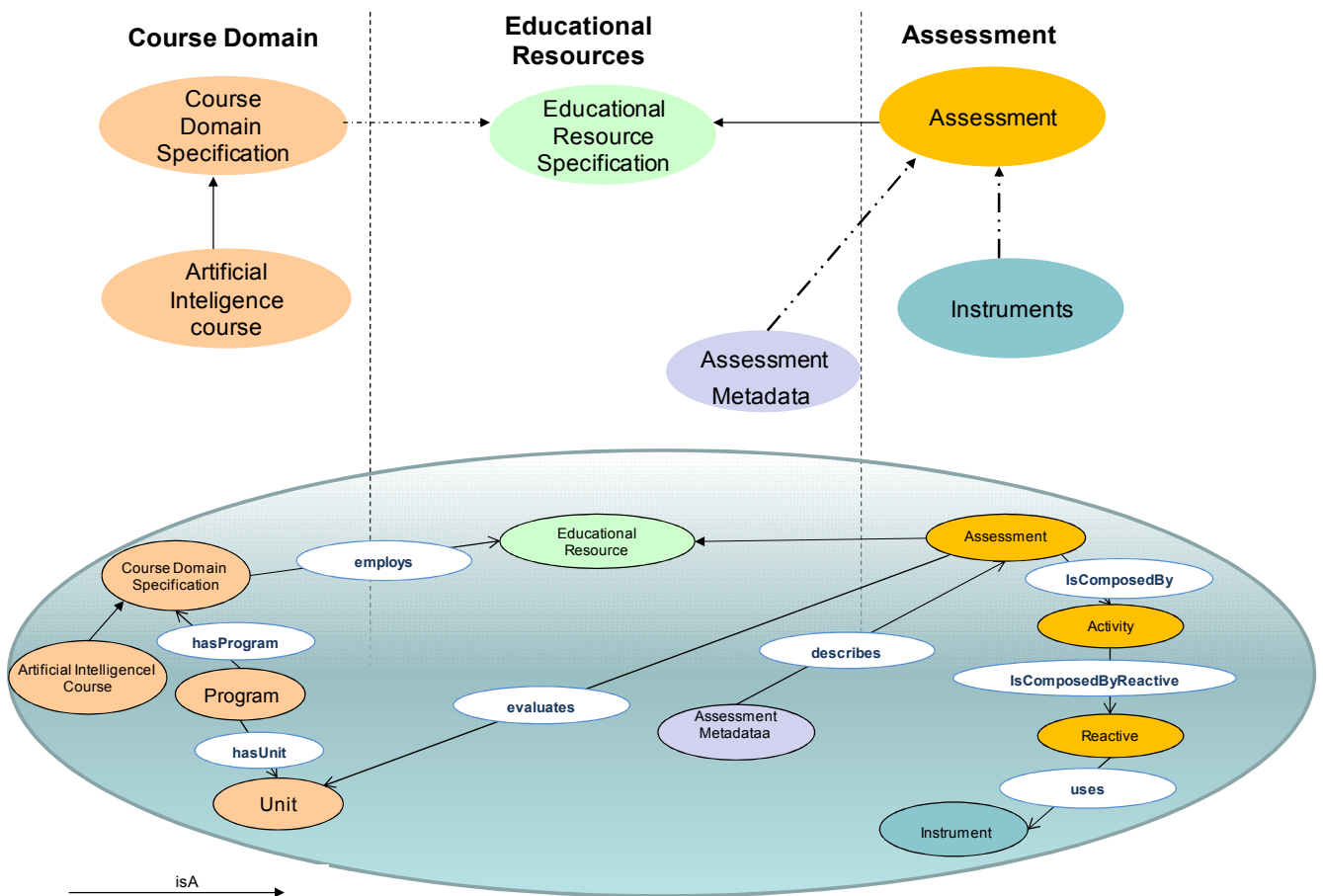


Figura 6.3 Red AOnet

En 6.4 (b) se observa la implementación de la clase inversa denominada *isEmployedIn*. Finalmente en 6.4 (c) se detalla el código OWL2 correspondiente a las restricciones de cardinalidad de la relación definida.

<pre> ObjectPropertyDomain&gt;   &lt;ObjectProperty IRI="#employs"/&gt;   &lt;Class IRI="http://www.owl- ontologies.com/Ontology1416580559.o wl#Course"/&gt; &lt;/ObjectPropertyDomain&gt;  &lt;ObjectPropertyRange&gt;   &lt;ObjectProperty IRI="#employs"/&gt;   &lt;Class IRI="http://www.owl- ontologies.com/Ontology1416576354.o wl#EducationalResource"/&gt; &lt;/ObjectPropertyRange&gt; </pre>	<pre> &lt;InverseObjectProperties&gt;   &lt;ObjectProperty IRI="#employs"/&gt;   &lt;ObjectProperty IRI="#isEmployedIn"/&gt; &lt;/InverseObjectProperties&gt; </pre>	<pre> &lt;Class IRI="http://www.owl- ontologies.com/Ontology1416580559 .owl#Course"/&gt;   &lt;ObjectIntersectionOf&gt;     &lt;ObjectSomeValuesFrom&gt;       &lt;ObjectProperty IRI="#employs"/&gt;       &lt;Class IRI="http://www.owl- ontologies.com/Ontology1416576354 .owl#EducationalResource"/&gt;     &lt;/ObjectSomeValuesFrom&gt;     &lt;ObjectAllValuesFrom&gt;       &lt;ObjectProperty IRI="#employs"/&gt;       &lt;Class IRI="http://www.owl- ontologies.com/Ontology1416576354 .owl#EducationalResource"/&gt;     &lt;/ObjectAllValuesFrom&gt;   &lt;/ObjectIntersectionOf&gt; </pre>
(a)	(b)	(c)

Figura 6.4 Implementación de la relación *employs* en la red AONet

<pre> &lt;ObjectPropertyDomain&gt;   &lt;ObjectProperty IRI="#evaluates"/&gt;   &lt;Class IRI="#Assessment"/&gt; &lt;/ObjectPropertyDomain&gt;  &lt;ObjectPropertyRange&gt;   &lt;ObjectProperty IRI="#evaluates"/&gt;   &lt;Class IRI="http://www.owl- ontologies.com/Ontology141658055 9.owl#Unit"/&gt; &lt;/ObjectPropertyRange&gt; </pre>	<pre> &lt;InverseObjectProperties&gt;   &lt;ObjectProperty IRI="#evaluates"/&gt;   &lt;ObjectProperty IRI="#isEvaluatedIn"/&gt; &lt;/InverseObjectProperties&gt; </pre>	<pre> &lt;Class IRI="#Assessment"/&gt;   &lt;ObjectIntersectionOf&gt;     &lt;ObjectSomeValuesFrom&gt;       &lt;ObjectProperty IRI="#evaluates"/&gt;       &lt;Class IRI="http://www.owl- ontologies.com/Ontology1416580559 .owl#Unit"/&gt;     &lt;/ObjectSomeValuesFrom&gt;     &lt;ObjectAllValuesFrom&gt;       &lt;ObjectProperty IRI="#evaluates"/&gt;       &lt;Class IRI="http://www.owl- ontologies.com/Ontology1416580559 .owl#Unit"/&gt;     &lt;/ObjectAllValuesFrom&gt;   &lt;/ObjectIntersectionOf&gt; &lt;/SubClassOf&gt; </pre>
(a)	(b)	(c)

Figura 6.5 Implementación de la relación *employs* en la red AONet

Con la implementación de las relación *employs* y *evaluates* queda completa la red AONet.

La taxonomía de la red se muestra en la figura 6.6.

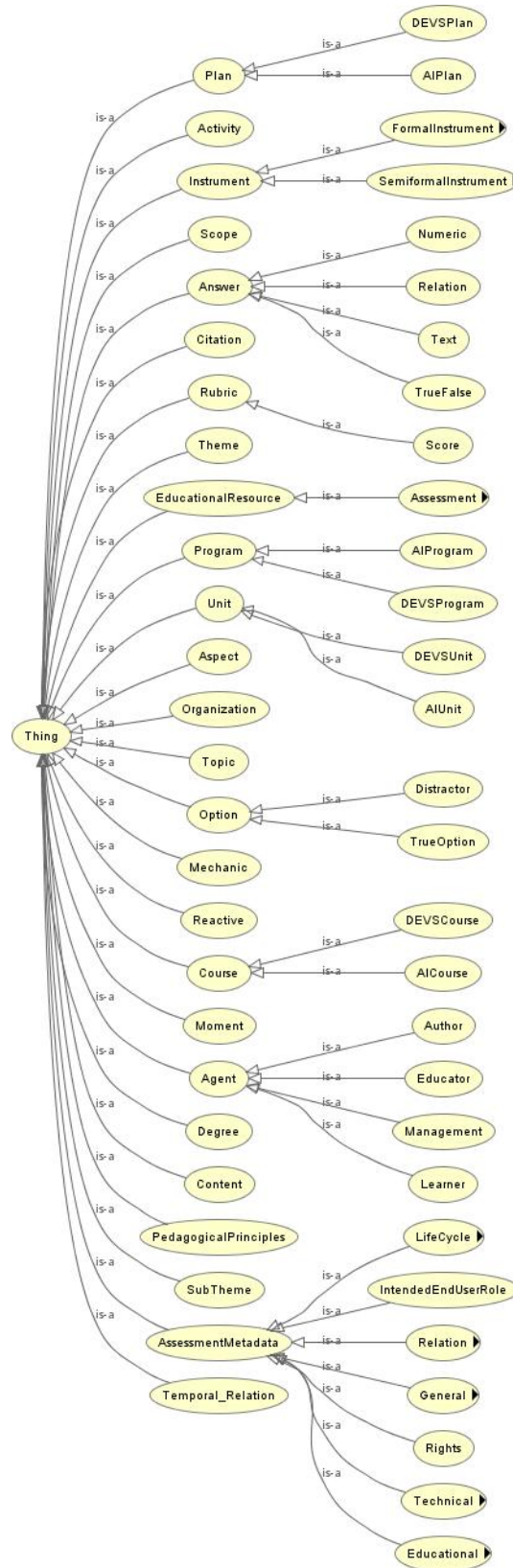


Figura 6.6. Taxonomía de AOnet

En la misma se observan las clases principales de las ontologías integradas: *EducationalResource* con su subclase *Assessment*, la clase *Instrument*, la clase *AssessmentMetadata* y la clase *Course*, esta última con sus subclases *AICourse* y *DEVSCourse*.

La implementación de la relación *evaluates* se muestra en la figura 6.5 en código OWL2. En 6.5 (a) se puede acceder al código OWL2 donde se definen dominio y rango de la propiedad *evaluates*, clases *Assessment* y *Unit* respectivamente. En 6.5 (b) se observa la implementación de la clase inversa denominada *isEvaluatedIn*. Finalmente en 6.5 (c) se detalla el código OWL2 correspondiente a las restricciones de cardinalidad de la relación definida.

El código completo de AONet puede apreciarse en el anexo D.

## 6.2 Evaluación de la red de ontologías AONet

Para la evaluación de AONet se consideró la terminología identificada por Gómez Pérez (1999) que realiza una distinción entre los términos evaluación, verificación y validación en lo que respecta a la valoración técnica de una ontología. Se describe la evaluación como el análisis de una ontología con respecto a una referencia durante cada etapa de su desarrollo. Los términos verificación y validación se encuentran incluidos en la evaluación. La verificación se relaciona con la determinación de si la ontología fue correctamente construida. La validación permite determinar si la ontología captura correctamente el mundo real que se está modelando.

### Evaluación de la consistencia formal de AONet

Para la evaluación de AONet se siguieron los lineamientos de la evaluación de las implementaciones e integraciones parciales realizadas y detalladas en los capítulos 5 y 6. Es decir, en primer lugar se realizaron actividades para evaluar la red desde una perspectiva de su consistencia formal, utilizando el razonador Pellet. Como se expresara anteriormente, las inconsistencias podrían presentarse relacionadas con la disposición de las clases (clases en la misma jerarquía y clases disjuntas), o pueden estar referidas a la relación entre las clases (rango y dominio), en el tipo de atributo o en las reglas de aplicación de la ontología. Ninguna de estas situaciones fue detectada por el razonador.

### Evaluación de requerimientos funcionales de AOnet

También se validó AOnet para determinar si repondría a los requerimientos funcionales identificados en la actividad de especificación de requerimientos. Esta evaluación se realizó mediante consultas a la ontología relacionadas con las preguntas de competencia del DERO. Las consultas se implementaron en SPARQL siguiendo el lineamiento implementado en la tesis.

Para ello se completaron instancias de evaluaciones reales utilizadas en UTN FRSE en las materias Inteligencia Artificial de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información e Introducción al formalismo DEVS, correspondiente a un curso de posgrado en ingeniería de la misma Unidad Académica.

Para poder comprobar las preguntas de competencia, se instanció la red con un ejemplo tomando el curso de postgrado *Introducción al formalismo DEVS*, del cual se utilizó como ejemplo el examen final que se muestra en la figura 6.7. Las instancias creadas correspondientes a ese examen se muestran en la figura 6.8 sobre las cuales se realizaron las preguntas de competencia que se presentan a continuación.

UTN FRSE -Introducción al formalismo DEVS - Año 2014 - Examen final

---

**Introducción al formalismo DEVS**

**Examen Teórico- Fecha: 24/10/14**

1. Un sistema discreto evoluciona dinámicamente en el tiempo mediante:

+	Cambios de estados continuos e instantáneos
	Cambios de estados en determinados puntos de tiempos.
	Cambios de estados en forma periódica
	Cambios de estados por procesos

2. Un modelo de simulación de un sistema discreto tiene en cuenta los siguientes componentes:

Representación de arribos de nuevas entidades.
Representación de lo que sucede con las entidades dentro del sistema.
Mecanismos de avance del tiempo y de terminación de la simulación.
Representación de las salidas de simulación para observar comportamientos del sistema.

3. En el ciclo de simulación DEVS visto en clase, el conjunto de componentes inminentes se define como:

Aquellos componentes que tienen salidas en sus puertos de salidas
Aquellos componentes que tienen entradas en sus puertos de entradas
Aquellos componentes cuyo tiempo de próximo evento es igual al tiempo de simulación actual.
Aquellos componentes cuyo tiempo del próximo evento es igual al tiempo al que se decide avanzar la simulación.

Figura 6.7 Examen final del curso *Introducción al formalismo DEVS*

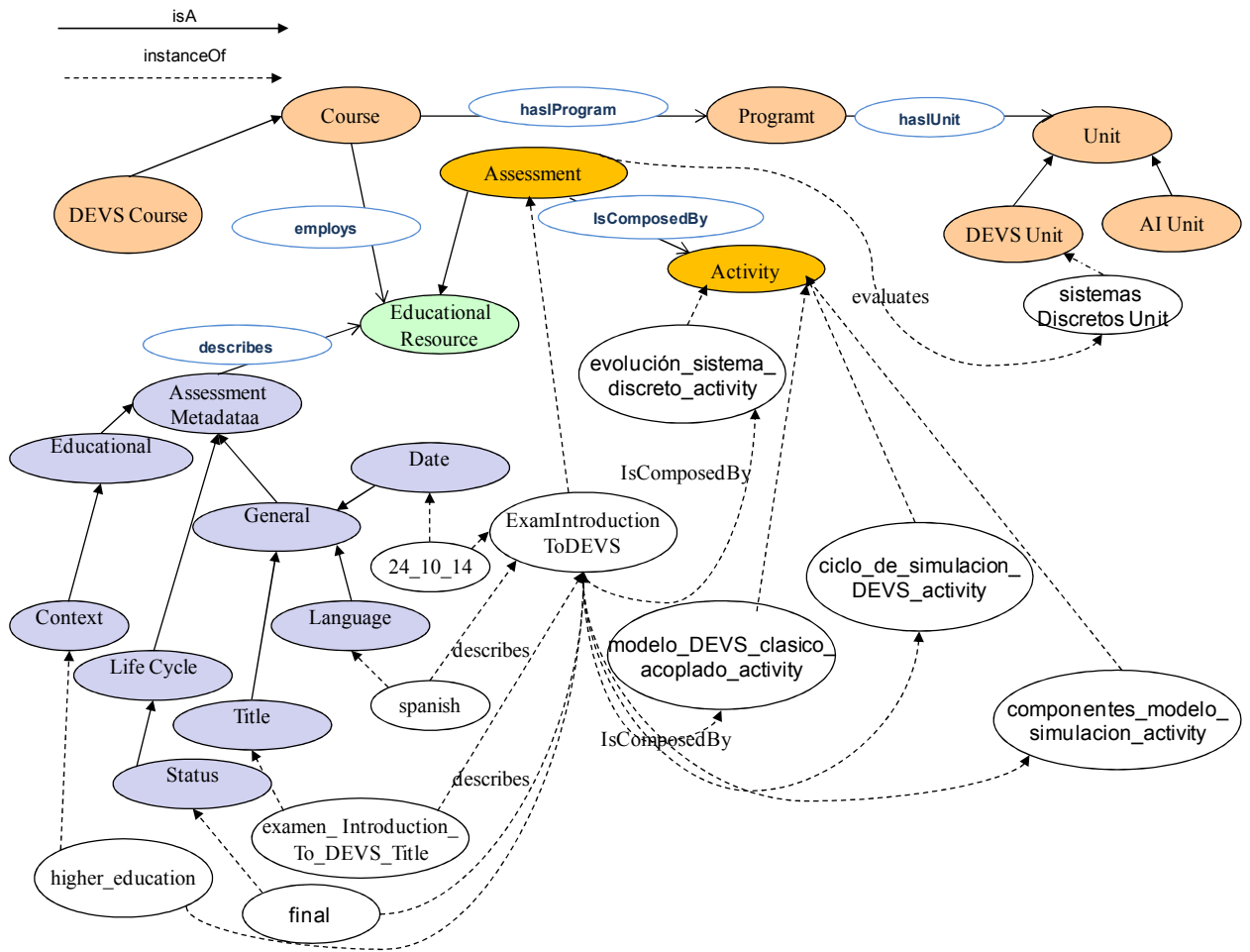


Figura 6.8 Modelo correspondiente a las instancias de las clases de AONet

La consulta correspondiente a la pregunta de competencia *¿Dada una evaluación, cuáles son sus descriptores?* arrojó la respuesta que se muestra en la figura 6.9. Para formular la consulta en lenguaje SPARQL, se restringe la consulta a una instancia particular, en este caso la instancia de la clase *Assessment* cuyo nombre es *examIntroductionToDEVS*. En la respuesta se observa las instancias de la ontología *AssessmentMetadata* que fueron usadas para describir a dicha evaluación. Como se observa, la evaluación *examIntroductionToDEVS* corresponde al contexto *Educación Superior*, su estado corresponde a una versión final, está disponible en el idioma español y fue tomada el 24/10/2014.

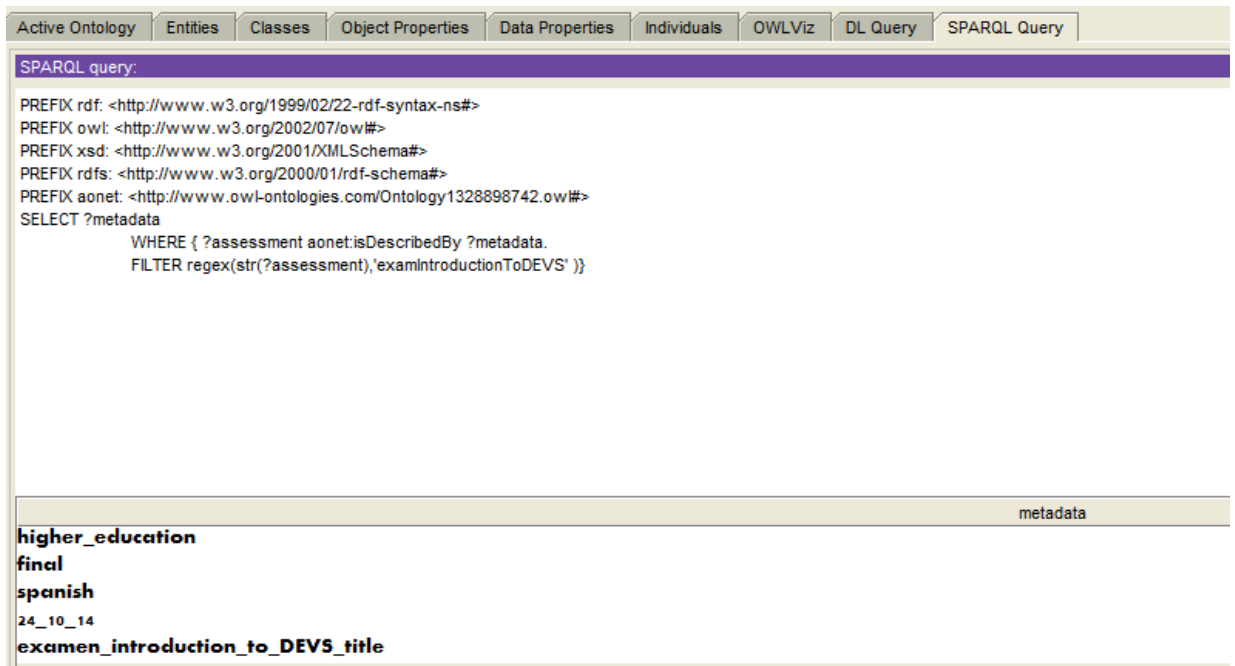


Figura 6.9 Consulta correspondiente a la CQ ¿Dada una evaluación, cuales son sus descriptores?

La consulta correspondiente a la pregunta de competencia ¿Qué evaluación se tomo el día 24/10/14? arrojó la respuesta que se muestra en la figura 6.10. En la misma se observa la instancia de la clase *Assessment* denominada *examIntroductionToDEVS*.

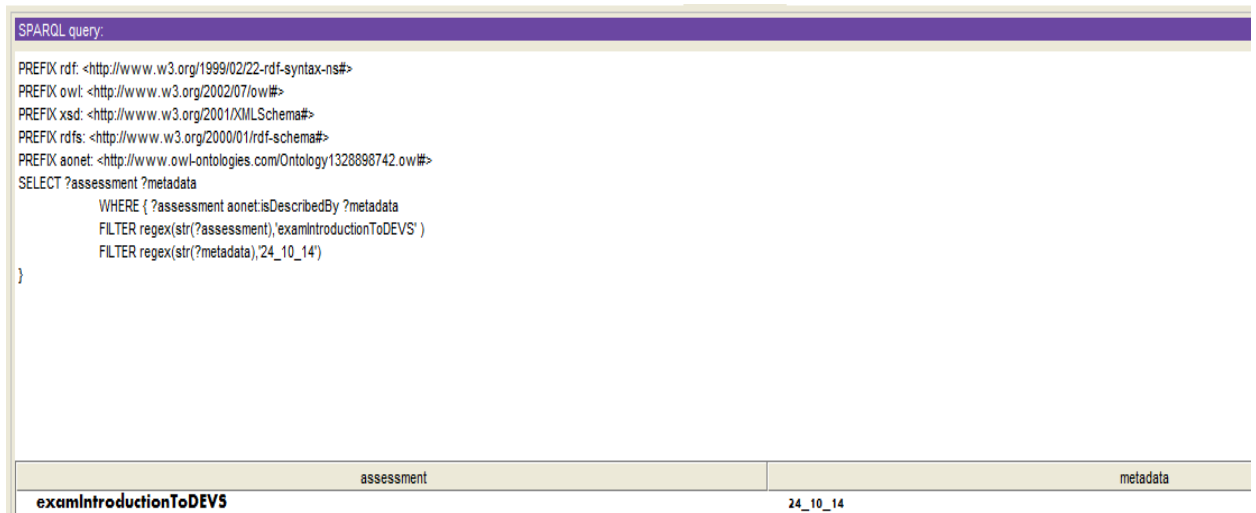


Figura 6.10 Consulta correspondiente a la CQ ¿Qué evaluación se tomo el día 24/10/14?

La respuesta obtenida a la consulta correspondiente a la pregunta de competencia ¿Dada una evaluación, cuales son las actividades que la componen? se muestra en la figura 6.11. En la misma se observa la instancia de la clase *Assessment* denominada *examIntroductionToDEVS* y las instancias de la clase *Activity*: *evolución\_sistema\_discreto\_activity*, *componentes\_modelo\_simulacion\_activity*, *ciclo\_de\_simulacion\_DEVS\_activity* y *modelo\_DEVS\_clasico\_acoplado\_activity*. Para asignar el nombre a las instancias de la clase *Activity* se incorporaron guiones bajos para separar las palabras por ser identificadores largos.

Active Ontology | Entities | Classes | Object Properties | Data Properties | Individuals | OWLViz | DL Query | SPARQL Query

SPARQL query:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX aonet: <http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#>
SELECT ?activity
  WHERE { ?assessment aonet:isComposedBy ?activity.
  FILTER regex(str(?assessment),'examIntroductionToDEV5' )}
```

activity

**evolucion\_sistema\_discreto\_activity**  
**componentes\_modelo\_simulacion\_activity**  
**ciclo\_de\_simulacion\_DEV5\_activity**  
**modelo\_DEV5\_clasaico\_acoplado\_activity**

Figura 6.11 Consulta correspondiente a la CQ ¿Dada una evaluación, cuales son las actividades que la componen?

En la figura 6.12 se muestra la implementación de la pregunta de competencia *¿Cuáles son las actividades de tipo Opciones Simples?* como consulta de AONet. En la misma se observan tres (3) instancias de la clase *Activity*, como por ejemplo *componentes\_modelo\_simulacion\_activity*, que corresponden al reactivo tipo *SimpleChoice*.

Active Ontology | Entities | Classes | Object Properties | Data Properties | Individuals | OWLViz | DL Query | SPARQL Query

SPARQL query:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX aonet: <http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl#>
SELECT ?activity ?reactive ?instrument ?tipo
  WHERE { ?assessment aonet:isComposedBy ?activity.
  ?activity aonet:isComposedByReactive ?reactive.
  ?reactive aonet:uses ?instrument.
  ?instrument rdfs:type ?tipo.
  FILTER regex(str(?tipo), 'SimpleChoice')}
```

activity	reactive	instrument	tipo
<b>componentes_modelo_simulacion_activity</b>	<b>componente_modelo_simulacion_reactive</b>	<b>componente_modelo_simulacion_mch</b>	<b>SimpleChoice</b>
<b>modelo_DEV5_clasaico_acoplado_activity</b>	<b>modelo_DEV_clasico_reactive</b>	<b>modelo_DEV_clasico_sch</b>	<b>SimpleChoice</b>
<b>ciclo_de_simulacion_DEV5_activity</b>	<b>ciclo_de_simulacion_DEV5_reactive</b>	<b>ciclo_de_simulacion_DEV5_sch</b>	<b>SimpleChoice</b>

Figura 6.12 Consulta correspondiente a la CQ ¿Cuáles son las actividades de tipo Opciones Simples?



## Evaluación de la perspectiva pedagógica de AOnet

Para evaluar la perspectiva pedagógica de la red de ontologías se incorporaron consultas que permitieron determinar si una evaluación dada era válida y confiable desde una perspectiva pedagógica. Un ejemplo de estas consultas se puede observar en la figura 6.13.

The screenshot shows a SPARQL query interface with the following query:

```

SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/Ontology1417521898297.owl#>
SELECT ?sc
WHERE{
  {SELECT ?sc (COUNT(?option) AS ?cuenta)
  WHERE{
    ?sc a onto:SimpleChoice.
    ?sc onto:hasOption ?option.
    ?option a onto:TrueOption.
  } GROUP BY ?sc}
  FILTER (?cuenta = "1"^^xsd:integer)

```

The results table shows two rows:

	sc
ciclo_de_simulacion_DEVS_sch	
modelo_DEV_clasico_sch	

Figura 6.13 Consulta para determinar la conformación de una pregunta de tipo Opciones Simples

En la figura se muestran las instancias correspondientes a reactivos de tipo opciones simples que tienen solamente una respuesta verdadera. Es decir, las instancias corresponden a preguntas que utilizan en forma correcta el instrumento objetivo. En la figura 6.14 se muestra una consulta similar orientada a identificar preguntas de tipo opciones simples que contengan más de una respuesta correcta.

The screenshot shows a web interface for querying an ontology. At the top, there are several tabs: 'Active Ontology', 'Entities', 'Classes', 'Object Properties', 'Data Properties', 'Individuals', 'OWL Viz', 'DL Query', and 'SPARQL Query'. The 'SPARQL Query' tab is selected. Below the tabs is a text area containing a SPARQL query. The query is as follows:

```

SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/Ontology1417521898297.owl#>
SELECT ?sc
WHERE{
  {SELECT ?sc (COUNT(?option) AS ?cuenta)
  WHERE{
    ?sc a onto:SimpleChoice.
    ?sc onto:hasOption ?option.
    ?option a onto:TrueOption.
  } GROUP BY ?sc}
  FILTER (?cuenta > "1"^^xsd:integer)
}

```

At the bottom of the interface, there is a table with one row. The table has a header row with the text 'componente\_modelo\_simulacion\_sch' and a column with the text 'sc'.

Figura 6.14 Consulta para determinar la conformación incorrecta de una pregunta de tipo Opciones Simples

### Evaluación de AONet mediante una aplicación

Luego de evaluar todas las preguntas de competencia formuladas para AONet, las mismas se utilizaron como fuente de información para desarrollar una aplicación denominada OFGA, la cual es una herramienta de software que permite a los profesores generar una evaluación y comprobar su validez pedagógica de acuerdo con las reglas definidas e implementadas en AONet. Esta aplicación permitió evaluar los resultados del uso de la ontología mediante una aplicación conforme a la metodología NeOn llevada adelante para el desarrollo.

La herramienta fue desarrollada en lenguaje Java, utilizando MySQL como motor de base de datos y el razonador Apache JENA. La Figura 6.15 muestra la arquitectura de la herramienta de software.

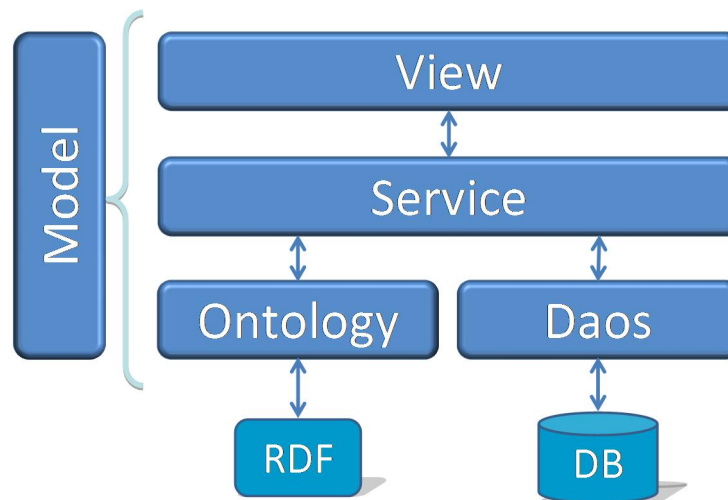


Figura 6.15 Arquitectura de OFGA

El componente *DAOs* es la capa de acceso a los datos y la capa *ONTOLOGIES* da soporte al acceso a lared de ontologías. Ambos componentes dan servicios al componente *SERVICES*. El componente *VIEW* es la interfaz de usuario, los tres componentes forman el componente *MODEL* que es el modelo conceptual utilizado por los componentes con el fin de comunicarse con los demás.

De esta manera, la creación y manipulación de la ontología se procesan en la memoria principal usando solamente los componentes necesarios de manera de evitar la sobrecarga. El motor de inferencia *JENA*, permite a la herramienta derivar el conocimiento utilizando reglas *SWRL*. La herramienta genera un grafo *RDF* a partir de la ontología que es utilizada por el motor de inferencia para hacer el razonamiento. Finalizado el proceso, los datos persistentes estarán disponibles en una Base de datos para usos futuros.

Las principales características de *OFGA* permiten al usuario generar una nueva evaluación, agregar nuevas actividades, seleccionar instrumentos, validar la evaluación de acuerdo con un conjunto de reglas seleccionadas, agregar nuevas reglas de validación, generar un documento de evaluación de tipo pdf, entre otros. La Figura 6.16 muestra una imagen de la edición de una evaluación seleccionando un instrumento. Se pueden identificar en la misma, opciones para la selección de instrumentos formales o semiformales. Dentro de los formales se puede apreciar la incorporación de pruebas objetivas y, dentro de esta categoría, instrumentos de selección simple.

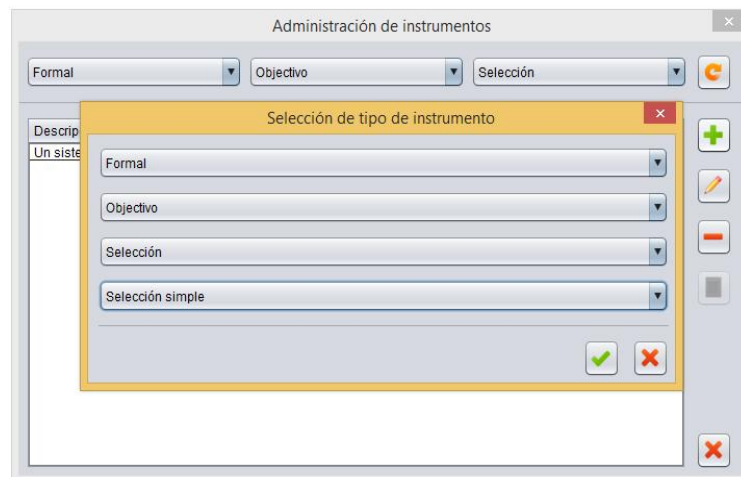


Figura 6.16 Selección de un instrumento

En la figura 6.17 se muestra la edición de una actividad en la que su reactivo utilizará un instrumento de selección simple. Se puede apreciar que la herramienta tiene una interfaz intuitiva dado que tiene botones evidentes para poder incorporar las opciones de la actividad, modificarlas o eliminarlas. En la parte superior de la ventana se aprecian listas que permiten seleccionar el tipo de instrumento asociado a la actividad.

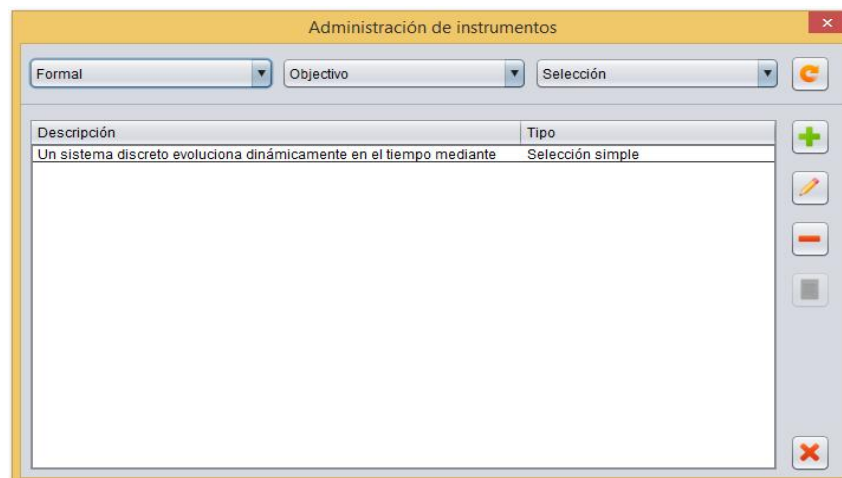


Figura 6.17 Edición de una actividad de tipo Selección Múltiple

En la figura 6.18 se muestra la edición de distractores y respuesta correcta de la actividad de tipo selección simple que se está ingresando. Para cada opción incorporada a la actividad se debe determinar si la misma es verdadera (true) o falsa (false) mediante botones incorporados a la pantalla.

Figura 6.18 Edición de distractores y respuesta correcta de una actividad de tipo Selección Múltiple

OFGA se utilizó para validar la red de ontologías AOnet desde la perspectiva del usuario previsto, identificando las actividades que no cumplen con los lineamientos pedagógicos definidos. La utilización de las reglas pedagógicas se puede apreciar en la figura 6.19. En la misma se observa que se pueden incorporar nuevas reglas pedagógicas a la herramienta y que la misma testea la conformación de la evaluación identificando resultados que explicitan la situación de la evaluación conforme cumpla o no las reglas definidas. El profesor además puede editar sus propias reglas si considera necesario. La herramienta posee un editor de reglas que deben respetar una sintaxis y estructura particular para que pueda ser interpretado por el razonador JENA. Una regla para este razonador está definida por un objeto *Rule* en JAVA que tiene un conjunto de premisas (cuerpo), una lista de conclusiones (cabeza) y un nombre y dirección opcional. Cada término de ésta, es definido por la clase *ClauseEntry*, la cual es un patrón triple de elementos, una llamada o una función primitiva. Un conjunto de reglas es simplemente una lista de reglas. El parseador de reglas permite

ser configurado para poder leer reglas desde archivos de textos, produciendo como salida un conjunto de reglas. Una descripción informal de la sintaxis de una regla se muestra en la tabla 6.1

Tabla 6.1 Sintaxis del lenguaje usado para editar reglas

Rule := bare-rule   [ bare-rule ]   [ ruleName : bare-rule ]
bare-rule := term, ... term -> hterm, ... hterm   bhterm <- term, ... term
hterm := term   [ bare-rule ]
term := (node, node, node)   (node, node, functor)   builtin(node, ... node)
bhterm := (node, node, node)
functor := functorName(node, ... node)
node := uri-ref   prefix:localname   <uri-ref>   ?varname   'a literal'   'lex'^^typeURI   number

Las funciones (o builtin) propias del razonador de propósito general se presentan en la tabla

## 6.2.

Tabla 6.2 Lenguaje usado para definir reglas

Función	Descripción
isLiteral(?x), notLiteral(?x), isFunctor(?x), notFunctor(?x), isBNode(?x), notBNode(?x)	Evalúa si el argumento es un elemento en particular.
bound(?x...) unbound(?x..)	Evalúa si todos los argumentos están enlazados.
equal(?x,?y) notEqual(?x,?y)	Evalúa si $x=y$ o $x \neq y$ .
lessThan(?x, ?y) greaterThan(?x, ?y) le(?x, ?y) ge(?x, ?y)	Evalúa si $x$ es $<$ , $>$ , $\leq$ o $\geq y$ .
sum(?a, ?b, ?c) addOne(?a, ?c) difference(?a, ?b, ?c) min(?a, ?b, ?c) max(?a, ?b, ?c) product(?a, ?b, ?c) quotient(?a, ?b, ?c)	Carga en $c$ el valor de $(a+b)$ , $(a+1)$ , $(a-b)$ , $\min(a,b)$ , $\max(a,b)$ , $(a*b)$ , $(a/b)$ .
strConcat(?a1, .. ?an, ?t) uriConcat(?a1, .. ?an, ?t)	Concatena el léxico de todos los argumentos, excepto el último, al que va a cargar esta concatenación.
regex(?t, ?p) regex(?t, ?p, ?m1, .. ?mn)	Permite validar si un léxico encaja en una expresión regular.
now(?x)	Enlaza $?x$ el valor correspondiente del tiempo actual.

Función	Descripción
<i>isLiteral(?x), notLiteral(?x), isFunctor(?x), notFunctor(?x), isBNode(?x), notBNode(?x)</i>	Evalúa si el argumento es un elemento en particular.
<i>makeTemp(?x)</i>	Enlaza ?x a un nodo en blanco.
<i>makeInstance(?x, ?p, ?v) makeInstance(?x, ?p, ?t, ?v)</i>	Enlaza ?v para ser un nodo en blanco que tiene para ser incluido como el valor de la propiedad ?p en el recursos ?x y tipo ?t.
<i>makeSkolem(?x, ?v1, .. ?vn)</i>	Enlaza ?x para ser un nodo en blanco. Este es creado con los valores restantes de los argumentos ?vi
<i>noValue(?x, ?p) noValue(?x ?p ?v)</i>	Verdadero si no hay una tripleta (x, p, *) o (x, p, v).
<i>remove(n, ...) drop(n, ...)</i>	Elimina el elemento (tripleta).
<i>isDType(?l, ?t) notDType(?l, ?t)</i>	Evalúa si el literal ?l es o no es una instancia del tipo ?t.
<i>print(?x, ...)</i>	Imprime por salida estándar los argumentos.
<i>listContains(?l, ?x) listNotContains(?l, ?x)</i>	Evalúa si el elemento ?x esta contenido (o no) dentro de la lista ?l.
<i>listEntry(?list, ?index, ?val)</i>	Enlaza el valor ?val al índice ?index de la lista ?list.
<i>listLength(?l, ?len)</i>	Enlaza ?len a la longitud de la lista ?l.
<i>listEqual(?la, ?lb) listNotEqual(?la, ?lb)</i>	Evalua si 2 listas son iguales o no.
<i>listMapAsObject(?s, ?p ?l) listMapAsSubject(?l, ?p, ?o)</i>	Estas funciones solo pueden usarse en la cabecera de la regla. Permiten crear un conjunto de tripletas derivadas de la lista de argumentos.
<i>table(?p) tableAll()</i>	Declara que todos los objetivos que involucran la propiedad ?p deberían ser tabulados en un motor de encadenamiento hacia atrás
<i>hide(Pp)</i>	Declara que las tripletas que involucran al predicado ?p deberían ocultarse.

Cabe aclarar que la utilización de la herramienta no es un impedimento para la conformación de una evaluación que no cumpla las reglas pedagógicas. Es decir, si un profesor se encuentra diseñando una evaluación que contiene actividades que no cumplen con alguna de las reglas, esto no es un impedimento para continuar con la generación de la evaluación, sino que la aplicación permite recomendar al profesor la alternativa de las buenas prácticas para su diseño. Luego, es decisión del profesor continuar la evaluación con la modificación correspondiente.

Durante el desarrollo de esta red se realizaron entrevistas con expertos. Es decir, las ontologías han sido evaluadas desde su perspectiva de uso. También, se realizaron invitaciones a profesores para utilizar el software para modelar la evaluación en sus cursos regulares en la UTN - Facultad Regional Santa Fe y la Universidad Nacional del Litoral. El conjunto de los participantes fueron seleccionados mediante la aplicación de los siguientes criterios:

- los participantes pertenecen a diferentes disciplinas
- los participantes no son expertos en los aspectos pedagógicos
- todos los participantes tienen más de 10 años de experiencia en la enseñanza de los diferentes cursos.

Los participantes evaluaron la utilidad de la herramienta evidenciando aceptación sobre su utilidad desde diversas perspectivas. Por un lado, valoran la posibilidad de contar con una herramienta que permita la generación de evaluaciones dado que facilita su diseño mediante una interfaz sencilla e intuitiva. Por otro lado, esta herramienta presenta un soporte evidente para recomendar buenas prácticas para el diseño de las evaluaciones desde un punto de vista pedagógico siendo que la mayoría de los profesores de las carreras estudiadas no cuentan con una formación pedagógica sino con una formación sólida desde un punto de vista técnico y con un background de experiencia docente que permite valorar la misma.



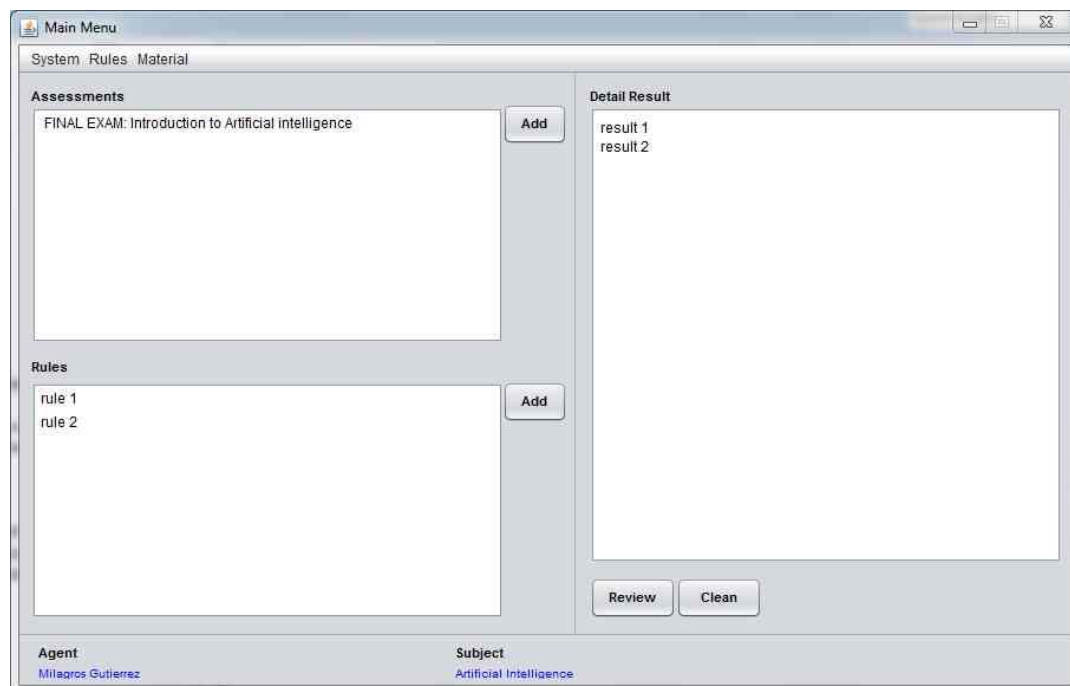


Figura 6.19 Edición de distractores y respuesta correcta de una actividad de tipo Selección Múltiple

### 6.3 CONCLUSIONES

En este capítulo se presentó la red de ontologías AOnet. Para ello, se identificaron las metarelaciones definidas entre sus componentes principales, identificando el dominio al que pertenecen de acuerdo a lo propuesto en el Capítulo 3.

Luego se evaluó la red desde su consistencia formal y, también, desde la respuesta brindada por la misma para la especificación de requerimientos identificada.

Para finalizar, se evaluó la respuesta del modelado realizado con respecto a las reglas pedagógicas implementadas en AOnet. Para ello, se utilizó una aplicación denominada OFGA que posibilita la generación de evaluaciones que comprenden diferentes actividades que utilizan distintos tipos de instrumentos. Estos instrumentos son acordes a la estructura definida en la red. La aplicación permite determinar si las actividades incluidas en la evaluación generada responden a las reglas pedagógicas implementadas en la red.

De esta manera, se constituyó una red de ontologías que permite no sólo brindar una estructura para la generación de evaluaciones sino recomendar buenas prácticas pedagógicas en el proceso de la generación.

## CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este capítulo se presentarán las conclusiones y trabajos futuros de la tesis.

Para ello, en la Sección 7.1 se discuten las principales contribuciones de la tesis y en la Sección 7.2 se presentan los trabajos futuros de la misma.

### 7.1 PRINCIPALES CONTRIBUCIONES

El trabajo de tesis tuvo como objetivo el diseño de un marco de trabajo basado en una red de ontologías para la descripción semántica del dominio de las evaluaciones considerando también los recursos educativos y el área de conocimiento que se está evaluando, para dar soporte a la generación de evaluaciones válidas y confiables en entornos de e-learning.

Para cumplir con dicho objetivo se diseñó una red de ontologías denominada AOnet que modela y estructura el dominio de las evaluaciones en ambientes universitarios, teniendo en cuenta las evaluaciones como recursos educativos y el área de conocimiento abordada en el proceso de enseñanza aprendizaje, considerando buenas prácticas para su diseño adecuado. Además, la red AOnet fue implementada en OWL2+SWRL+SPARQL.

#### 7.1.1 Diseño en red

La principal contribución del trabajo llevado adelante es el diseño modular del modelado semántico del dominio evaluación. El abordaje de la solución propuesta permitió diferenciar, en primer lugar, dominios principales de trabajo:

- Dominio Evaluación: Se modeló el dominio evaluación considerando sus componentes principales, evaluadores, evaluados, tipos de evaluaciones, momento del proceso de enseñanza en el que se evalúa y se identificaron elementos de una evaluación como ser sus actividades y reactivos. La profundización en la temática permitió determinar la necesidad de articular estos elementos con los instrumentos de evaluación utilizados. Esto llevó al desarrollo de las ontologías *Assessment* e *Instrument*.
- El dominio de los recursos educativos, en el que se modelan los objetos de aprendizaje utilizados en el proceso de enseñanza: apuntes, presentaciones utilizadas en clase, libros, artículos, videos, etc. Se consideró solamente a la

evaluación como un tipo de recurso educativo que es el tema principal del trabajo de tesis.

- El dominio de curso, donde se identificaron los elementos principales del área de conocimiento que se desea impartir en un proceso de enseñanza aprendizaje. Para ello, se identificaron los componentes principales como plan de estudio, programa, unidades temáticas que son afines a toda materia, asignatura o curso de Educación Superior. Paralelamente, se tomaron como ejemplo cursos reales dictados en universidades como la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe. Se realizó la aclaración de que los contenidos específicos dependían de cada dominio de conocimiento particular y que sólo se tomaban los cursos mencionados a modo de ejemplo. Por lo tanto, el abordaje del dominio permitió la identificación de una ontología principal, *Course Specification*, y otras ontologías tomadas como ejemplo como *IA Course* y *DEVSCourse*.

La solución en red de ontologías presenta un diseño modular que permite la articulación de todos los dominios considerando cada uno desde una perspectiva individual pero, a su vez, vinculada con los otros dominios. Es decir, el diseño permite estudiar en detalle cada aspecto involucrado en la evaluación de aprendizaje pero con una visión que permite integrarlos. Este diseño facilita su mantenimiento dado que las modificaciones se realizan sobre las ontologías individuales que conforman la red y se materializan de manera automática en la red completa. Cualquier cambio en uno de sus componentes se refleja en la red. Las metarelaciones establecidas entre los componentes de la red son simples y claras.

El diseño modular no solamente facilita las modificaciones futuras del modelado semántico, sino que mejora las condiciones para futuras extensiones e incorporaciones a los dominios abordados permitiendo inclusiones de nuevas ontologías o módulos de la misma.

Para futuros enriquecimientos de la red también es favorable el diseño ya que posibilita que diferentes expertos profundicen distintos aspectos del trabajo desarrollado de acuerdo a su experiencia. Es decir, expertos en pedagogía pueden enriquecer la ontología de las evaluaciones e instrumentos, expertos en interoperabilidad pueden mejorar la ontología de los metadatos que describen a las evaluaciones y los profesores, expertos en el dominio de conocimiento bajo estudio, pueden mejorar y detallar las ontologías de sus cursos.

### 7.1.2 Descripción adecuada y completa de la evaluación

Para ello se comenzó considerando a una evaluación como un recurso educativo o un objeto de aprendizaje. El haber procedido de este modo permitió considerar los estándares más utilizados en el ámbito del e-learning para la descripción completa de los recursos educativo como son LOM de IEEE y Dublin Core. El estándar LOM se estudió y se procedió a la selección de un conjunto de metadatos con valores apropiados para la descripción de una evaluación de manera de describir adecuadamente a este tipo particular de recurso educativo y, así, localizarlos y poder reutilizarlos. La reutilización es una ventaja significativa para profesores que desarrollan sus actividades en el ámbito universitario, dado que poder contar con evaluaciones previamente diseñadas por él mismo o por terceros simplifica su trabajo, puede dedicar tiempo a otras cuestiones propias de su labor docente, pero también diversifica y enriquece la propuesta evaluativa con la integración de otras perspectivas sobre sus mismos temas de enseñanza.

Por otra parte, se definieron algunos valores constantes para ciertas clases de la ontología que representan ciertos metadatos. Este diseño contribuye a la completitud y correctitud de los metadatos de las evaluaciones.

También, se identificaron mapeos con el estándar más utilizado para la descripción de recursos web Dublin Core. Es decir, se realizaron correspondencias entre AONet y la ontología Dublin Core para determinar elementos comunes entre ambas especificaciones. Estos mapeos contribuyen a una mejor localización de las evaluaciones descritas por AONet. Por ejemplo, dado dos repositorios de acceso abierto, el repositorio 1 y el repositorio 2 (figura 7.1). Las evaluaciones del repositorio 1 están descritas mediante AONet, y las evaluaciones del repositorio 2 están descritas con el estándar Dublin Core. Si existe un buscador donde se ingresa la búsqueda de una evaluación realizada por un autor específico. Como existe un mapeo entre ambas descripciones, AONet y Dublin Core, un mediador consulta dicho mapeo para poder responder a la consulta realizada, localizando la evaluación solicitada mediante su título, por ejemplo, en cualquiera de los dos repositorios, identificando su título ya sea descripto mediante el metadato `aonet:title` o `dc:title`. De esta manera, la consulta realizada se podrá responder en forma independiente al repositorio en el que esté ubicada.

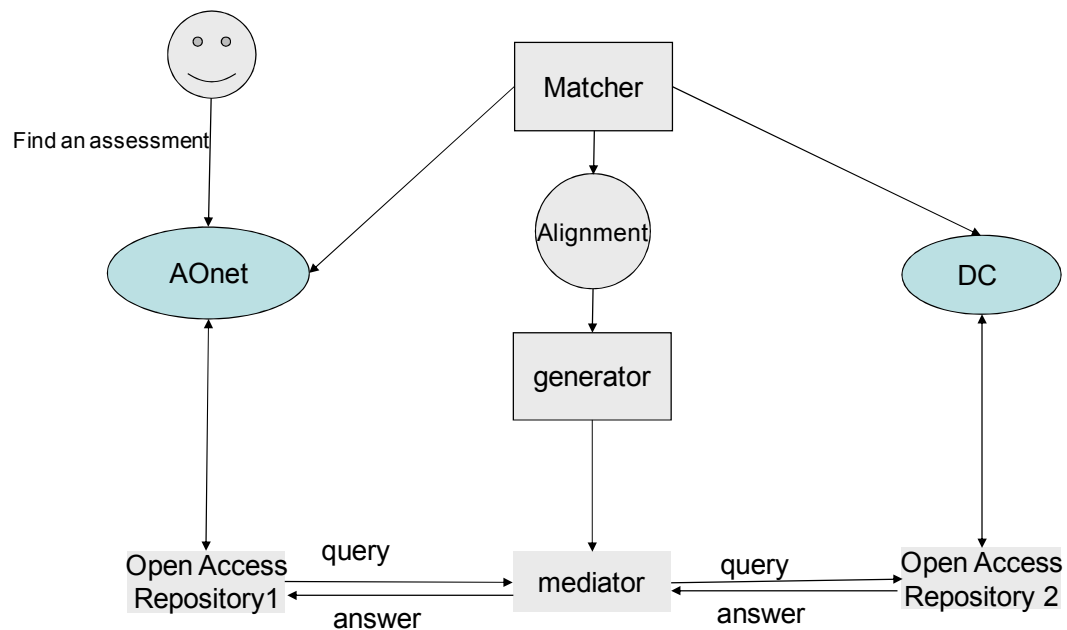


Figura 7.1. Motor de búsqueda

El proceso de mapeo da como resultado un conjunto de correspondencias que a su vez es utilizado por el mediador para encontrar la evaluación que cumple la consulta. El mediador funciona transformando la consulta realizada de una manera adecuada a la descripción realizada en cada repositorio y traduce la respuesta brindada.

### 7.1.3 Modelado de los elementos principales de la evaluación

AOnet posibilita la identificación de los componentes más importantes de una evaluación, como ser la identificación de los evaluadores y evaluados, dependiendo del tipo de evaluación que se utilice. Es decir, el modelado semántico permite identificar diferentes situaciones de evaluación distinguiendo los evaluadores y evaluados en cada una. Es decir, no sólo se identifican los evaluadores y evaluados evidentes, profesores y alumnos en situaciones de evaluación tradicionales, sino que también se identifican situaciones especiales de evaluación donde los roles se ven modificados como sería el caso, por ejemplo, de una autoevaluación. Estas situaciones diferenciadas se presentan en forma recurrente en espacios de trabajo virtuales como la educación a distancia o semipresencial.

Se identifican también diferentes tipos de evaluación de acuerdo a los objetivos de la misma, por ejemplo evaluaciones formativas o diagnósticas, que permiten distinguir su propósito y colaborar diferenciando la lectura de los resultados obtenidos. Es decir, un profesor debe considerar una evaluación diagnóstica de manera diferente ya que su propósito es determinar el conocimiento previo del alumno al comienzo de un curso. En cambio, debería analizar los resultados de una

evaluación formativa considerando el conocimiento adquirido en determinado punto de avance en el curso o asignatura dictada por él mismo en una evaluación formativa.

#### **7.1.4 Modelado de los instrumentos o técnicas utilizadas en la evaluación**

La red de ontologías AONet también permite estructurar una evaluación desde la perspectiva de los instrumentos o técnicas que se utilizan en el proceso. El contar con instrumentos de evaluación estructurados de manera completa permitió la definición de reglas que conforman recomendaciones para la creación de evaluaciones válidas y confiables. Es decir, la diferenciación de los componentes de los diferentes tipos de instrumentos utilizados permitió la definición de reglas que advierten sobre la utilización incorrecta de las técnicas.

Tomando el ejemplo de las pruebas objetivas, dado que son las más comúnmente utilizadas en entornos masivos de educación superior, o más específicamente las preguntas de tipo opciones múltiples, la identificación de distractores y respuestas correctas y las reglas definidas permiten a un profesor que no cuenta con una formación pedagógica adecuada, contar con guías para poner en marcha una evaluación adecuada.

Si bien en la actualidad los profesores universitarios de carreras como la ingeniería, en algunos casos, se encuentran completando su formación específica con posgrados en docencia universitaria, en la mayoría de los casos completan su formación con especializaciones, maestrías y doctorados que profundizan su formación técnica. Por lo tanto, contar con recomendaciones y advertencias de buenas prácticas en la conformación de las evaluaciones completa o colabora con un diseño consistente de elementos que permiten valorar el conocimiento adquirido por los alumnos en el proceso de enseñanza.

Si bien se debe reconocer la perspectiva pedagógica resultante de una amplia trayectoria y experiencia docente de los docentes universitarios en general, se evidenció la valoración de contar con mecanismos de advertencia sobre prácticas inadecuadas para la evaluación.

Es muy importante destacar que en todo momento las evaluaciones se encuentran relacionadas con el dominio de estudio abordado, estableciendo relaciones directas con la estructura de los cursos y sus unidades, conceptos que son tema de estudio o parte del dominio de conocimiento que se desea impartir.

### 7.1.5 Evaluación

Para el desarrollo de AONet se siguieron las actividades propuestas en la metodología NeOn. Para la implementación de la misma se procedió a utilizar herramientas de amplio conocimiento y ampliamente utilizadas por la comunidad ontológica, como el editor de ontologías Protégé y el razonador Pellet.

También, se utilizaron otras herramientas como OOPS! para proceder a la evaluación de la red desde un punto de vista estructural. La aplicación de estas nuevas técnicas permite explicitar la puesta en funcionamiento de las mismas y evidenciar sus beneficios para que sirvan como referencia a otros desarrolladores de ontologías.

Finalmente, para la evaluar el uso de la red AONet se desarrolló una herramienta denominada OFGA. Dicha herramienta no sólo permite de manera amigable crear evaluaciones sino también nuevas reglas pedagógicas que un docente crea conveniente.

## 7.2 Trabajos futuros

Dado que para el diseño de AONet se seleccionó un subconjunto de LOM privilegiando los metadatos de tipo educativos para la descripción pedagógica de las evaluaciones, se propone completar el espectro de descripciones de las evaluaciones con los metadatos del estándar LOM faltantes de manera de cubrir todos los detalles de este recurso educativo particular.

En este sentido, otra implementación futura de alto valor es la incorporación del estándar IMS QTI23 (IMS Global Consortium Question & Test Interoperability Specification) cuyo objetivo es el intercambio de datos entre las herramientas de enseñanza, bancos de preguntas, herramientas de construcción de evaluaciones, sistemas de aprendizaje y sistemas de administración de la evaluación. IMS QTI es otro de los estándares que globalmente se van incorporando cuyo mapeo con AONet enriquecerá su poder descriptivo potenciando su capacidad de localización y recuperación de las evaluaciones.

Se propone la integración de AONet a un LMS como módulo para generar de manera automática las evaluaciones del sistema, diferenciando su capacidad semántica que le brinda estructura e integra beneficios no considerados por herramientas comunes de generación de exámenes. Entre estos beneficios se cuenta la incorporación de descriptores específicos, la identificación de situaciones y momentos de evaluación, la identificación de instrumentos de

---

<sup>23</sup> <http://www.imsglobal.org/question/>

evaluación y la recomendación de buenas prácticas que colaboran en el diseño de evaluaciones válidas y confiables.

Una de las limitaciones de red AONet es que la misma no considera todos los recursos educativos u objetos de aprendizaje. Por lo tanto, como trabajo futuro, se propone extender la ontología Educational Resource, identificando otros recursos que completen los elementos con los que cuenta un profesor para la transmisión del conocimiento. El desarrollo de esta ontología implica la extensión de los descriptores para su localización y reutilización lo que, a su vez, requiere definir ontologías de metadatos que completen adecuadamente esta descripción.





# ANEXO A: ANÁLISIS DE INTERESADOS EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE SOFTWARE PARA E-LEARNING EN CONTEXTOS UNIVERSITARIOS

## A.1 INTRODUCCIÓN

El éxito de un proyecto de e-learning depende en gran medida de la calidad de las aplicaciones y herramientas utilizadas como soporte al proceso de enseñanza. Por su parte, la calidad del software depende en gran medida de una adecuada identificación de los interesados (stakeholders) en la etapa de requerimientos del desarrollo del mismo. Si bien existen trabajos que han identificado los principales interesados en contextos de e-learning, la mayoría de ellos no realiza un análisis profundo de los mismos, lo cual es necesario para considerar las cuestiones pedagógicas y culturales que marcan este tipo de contextos.

En este anexo se presenta la aplicación de un método para el análisis de interesados propuesto en (Ballejos y colab., 2008) adaptado al contexto de e-learning en ambientes universitarios mostrando un caso de estudio. En este sentido, en la sección A.2 se presenta el contexto de trabajo. En primer lugar se presentan los principales conceptos en torno al caso de estudio utilizado, y en secciones siguientes, se presentan los pasos del método utilizado para el análisis de los interesados involucrados en este proceso. Finalmente, la última sección resume y concluye este trabajo.

## A.2 CONTEXTO

El Universo de Información (Udi) es de donde se extraerá la información necesaria para la tarea de elicitación de requerimientos. De esta manera se identifica el contexto general en el cual el software deberá ser desarrollado y operado. Para esto se debe tener en cuenta todas las fuentes de información y las personas relacionadas al software.

### A.2.1 Entorno operacional

Un LMS (Learning Management System) ofrece una colección de funcionalidades diseñada para transmitir, realizar seguimiento, reportar y administrar contenido de aprendizaje, así como realizar el seguimiento del progreso del alumno y sus interacciones con el material de estudio. LMS

puede aplicarse a un sistema simple de administración de cursos, o a un entorno distribuido altamente complejo. Un LMS habitualmente administra accesos, actividades y permisos de los usuarios (inscripción, control de contenidos accedidos, notas de evaluaciones, generación de informes y estadísticas, etc) y puede proporcionar herramientas de comunicación tanto síncronas (chat, videoconferencia, tutorías en tiempo real, etc.) como asíncronas (foros de discusión, tableros de anuncios, etc.).

Generalmente un LMS se limita a implementar estrategias de evaluación tradicionales y en muchos casos no están preparados para soportar las diferentes necesidades de los usuarios individuales limitándose a enfocar el “promedio de los usuarios” (Chenti-Belcadhi, C. y colab., 2004). Con la adaptabilidad a capacidades y preferencias individuales, e informes de calificaciones devueltos casi en tiempo real (Scalise y colab., 2006), la enseñanza basada en este modelo expande las posibilidades de los modelos tradicionales, brindando la posibilidad de alcanzar niveles significativos de personalización.

Un proyecto de software para e-learning puede ser el desarrollo de un LMS en si mismo, o el desarrollo de alguna herramienta que se pueda integrar a un LMS.

### **A.2.2 Caso de estudio**

El presente trabajo comprende la enseñanza universitaria, tanto de grado como de posgrado y en las modalidades presencial, semipresencial y a distancia. Como Instituciones de referencia se considera a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (Universidad Nacional del Litoral - UNL), a la Facultad Regional Santa Fe (Universidad Tecnológica Nacional - UTN), y a la Regional Rafaela (Universidad Católica de Santiago del Estero - UCSE) dado que son las instituciones donde las autoras desarrollan tareas de docencia e investigación. Las universidades involucradas forman una red interorganizacional (RIO) cada una con sus intereses y objetivos pero a la vez colaborando en el logro de objetivos comunes. Este tipo de RIO tiene características propias dado que se trata de organizaciones educativas, particularmente las universidades públicas no persiguen fines lucrativos.

Los Documentos del Udl comprenden formularios, políticas de la organización, manuales, actas de reuniones, contratos con desarrolladores, etc. Debido a las instituciones involucradas en el desarrollo de software, se tuvo en cuenta las directivas y normas ministeriales de la nación, es decir, se consideraron normativas del Ministerio de Educación y del Ministerio de Ciencia y Técnica de la Nación, siempre considerando el grado de aceptación del proceso de enseñanza-aprendizaje

mediado por TIC. De la misma manera, se tuvieron en cuenta directivas propias de cada institución: Resoluciones del Decano, Resoluciones del Consejo Superior, Resoluciones del Consejo Directivo, planificaciones de cátedra aprobados por Secretaría Académica, directivas de esta secretaría, etc.

En las instituciones pertenecientes al caso de estudio se utilizan Moodle y e-ducativa como LMS.

### **A.3. IDENTIFICACIÓN DE INTERESADOS PARA E-LEARNING**

Los interesados representan la fuente primaria de información. Pueden ser clientes, usuarios, expertos del dominio u otros actores. Un interesado es cualquier individuo, grupo u organización que puede afectar o ser afectado (positiva o negativamente) por el sistema bajo estudio y que tiene influencia directa o indirecta en sus requerimientos (Alexander y colab., 2004).

La identificación de los interesados es una tarea crítica para el éxito en un proyecto de software. Es imprescindible tomar esta tarea de manera metódica y sistemática, fundamentalmente cuando se trabaja sobre entornos que involucran diversas organizaciones. Para el trabajo de selección de los interesados se seguirá el método propuesto por Ballejos y Montagna (2008). El método es apropiado para ambientes interorganizacionales y consta de los siguientes pasos:

- (a) Especificar tipos de interesados
- (b) Especificar roles de interesados
- (c) Seleccionar interesados
- (d) Asociar roles con interesados
- (e) Analizar influencia e interés.

En lo siguiente se irán desarrollando cada uno de los pasos que propone el método adaptado al contexto de e-learning.

#### **A.3.1 Especificar tipos de interesados**

Cada proyecto de software involucra diferentes tipos de interesados, teniendo cada uno al menos un rol asociado. Los tipos están especificados por el dominio, el entorno, la organización: es la clasificación de un conjunto de interesados que comparten las mismas propiedades y atributos en la dimensión bajo análisis. Los interesados de la organización representan intereses de una institución en particular. Los interesados interorganizacionales representan los intereses de la red

de organizaciones (RIO), en este caso la red de universidades antes mencionada (UNL FICH, UTN FRSF, UCSE RAFAELA).

También se pueden distinguir entre interesados internos, si pertenecen a alguna de las organizaciones de la RIO; y externos, si tienen interés por el proyecto. Un ejemplo de interesado interno es un profesor de una de las universidades mencionadas y un ejemplo de un interesado externo sería el Ministerio de Educación de la Nación dado que regula el accionar de las universidades de su dependencia. Como parte de la dimensión interna, el método propone considerar el aspecto organizacional y el aspecto interorganizacional. Dadas las características del dominio considerado, se propone una nueva división en las dimensiones propuestas por el método: la dimensión interna e-learning. Esta modificación está basada en la consideración que los procesos de enseñanza aprendizaje soportados por TI tienen una dinámica propia, diferente, que involucra, entre otros aspectos, diseños de contenidos específicos, formación de los docentes en el uso de tecnologías específicas, entre otras. En este sentido, por ejemplo, en la UNL FICH existe un área específica de educación a distancia con estructura física y coordinación propia. En otras universidades de la RIO esta distinción no se presenta.

El método propone diferentes criterios de análisis que consideran diferentes puntos de vista y necesidades para la especificación de tipos de interesados, estos son:

**Funcional:** Funciones o tareas que serán afectadas directa (porque el sistema las soportará) o indirectamente (porque sus resultados sirven de entrada o salida para el sistema). Aplicado a la red, este criterio analiza las actividades principales que toman lugar y que son la base para la colaboración entre organizaciones.

**Dispersión geográfica:** Emplazamientos o áreas geográficas que deben ser incluidos en la selección. Este criterio permitirá la selección de stakeholders ubicados en lugares geográficamente dispersos, con diferencias idiomáticas y culturales.

**Conocimiento/capacidades:** Conocimiento o capacidad importante en relación al dominio de desarrollo e implementación del sistema.

**Nivel jerárquico:** Niveles jerárquicos afectados por el sistema.

La Tabla A.1 muestra la especificación de tipos de stakeholders combinando los criterios de análisis y las dimensiones.

### A.3.2 Especificar roles de interesados

Tabla A.1 Especificación de tipos de stakeholders

	Dimensión interna			Dimensión externa
	Organizacional (ORG)	Interorganizacional (RIO)	Elearning (ELE)	
Criterio Funcional	-Enseñanza aprendizaje -Planificación de asignaturas -Aprobación de planificación de materias por parte de Secretaría Académica -Diseño o producción de contenido	-Investigación -Elaboración de convenios entre universidades, intercambios docentes	-Enseñanza mediada por TICs, educación a distancia --Aprobación de planificación de materias pertenecientes a carreras mediadas por TICs por Secretaría Académica	
Criterio Dimensión Geográfica	-Facultades UTN FRSF, FICH UNL, UCSE RAFAELA -Institutos -Zona de influencia de las instituciones (alumnos)	-Zonas de influencia de las facultades	-Zona de influencia elearning (nacional, internacional) -Dispersión geográfica de docentes que realizan tareas a distancia	
Criterio Conocimiento/ capacidades	-Profesores o docentes universitarios -Diseñadores de contenido -Personal de centro de Telemática UNL -Asesores técnicos (telecomunicaciones)	-Director de proyecto de investigación, investigadores, integrantes, becarios -Docentes que realizan tareas de enseñanza en diferentes instituciones pertenecientes a la red -Tesisistas, directores de tesis	-Profesores tutores, tutores de carrera -Diseñadores de contenidos -Correctores de estilo -Tutores de sistema -Técnicos	-Asesores pedagógicos -Profesores de ciencias de la educación -Consultores en TICs aplicadas a la educación -Leyes nacionales
Criterio Nivel Jerárquico	-Niveles jerárquicos de facultades: decano, secretarios académicos, directores de departamento, directores de carrera -Niveles jerárquicos docentes: Profesores titulares, prof	-Ministerio de Educación de la Nación (Gestión Universitaria, Asesoramiento de Gestión Curricular) -Ministerio de Ciencia y Técnica	- Coordinador general sistema de carrera a distancia FICH UNL - Centro multimedial de educación a distancia. Organismo de gestión de educación a distancia de UNL. - Coordinador administrativo Director de carrera a coordinador	-Niveles jerárquicos ministeriales

Un rol de un interesado se define como una colección de atributos definidos que caracterizan un grupo de interesados y su relación con la RIO. De los roles propuestos por el método se consideró un subgrupo atendiendo a los roles que se presentan en desarrollos de proyectos de software en el dominio bajo estudio:

- **Beneficiario funcional:** Se benefician con la implementación del sistema a través de las funciones del mismo
- **Responsable:** Encargados del proyecto en todas las etapas del ciclo de vida del sistema.
- **Decisor:** Controlan el proceso de desarrollo y avance del proyecto. Toman decisiones para lograr acuerdos.
- **Consultor:** Incluye cualquier rol que pueda brindar apoyo para cualquier aspecto del desarrollo del sistema. Son generalmente externos y tienen conocimiento específico sobre cuestiones particulares.
- **Desarrollador:** Están involucrados de manera directa en el desarrollo del producto de software.

- Usuarios: Usarán el sistema a desarrollar. Interactúan con el sistema y utilizarán sus resultados.
- Experto: Conocen ampliamente el dominio de implementación y pueden brindar mucha colaboración en la elicitación de requerimientos.

### A.3.3 Seleccionar interesados

Este paso sirve de guía en la selección concreta de interesados que reúnen las condiciones especificadas en el paso A. Esta selección está basada en la tabla 1. Analizando las características de los criterios en cada dimensión, se deben identificar interesados concretos que concuerden con el perfil.

En la tabla A.2 se muestran los interesados seleccionados.

Tabla A.2 Selección de interesados

ID	Interesado	Descripción	Criterio de identificación	Dimensión de Identificación
DU	Docente universitario	Responsable del proceso de enseñanza aprendizaje de una asignatura correspondiente a una carrera de las universidades involucradas.	-Funcional - Conocimiento	ORG
SA	Secretario Académico	Responsable de la Secretaría Académica de la Facultad. Regulador	- N jerárquico	ORG
DCA	Director de Carrera	Director de carrera en una Facultad. Beneficiario Regulador	- Conocimiento -N jerárquico	ORG
DPI	Director de Proyecto de investigación	Director de Proyecto de Investigación. Desarrollador	-Funcional - Conocimiento	ORG/RIO
IPI	Integrante de Proyecto de Investigación	Integrante de Proyecto de Investigación Desarrollador	-Funcional - Conocimiento	ORG/RIO

Tabla A.2 Selección de interesados

ID	Interesado	Descripción	Criterio de identificación	Dimensión de Identificación
DI	Docente Investigador	Responsable del proceso de enseñanza aprendizaje de una asignatura que, a su vez, participa de un proyecto de investigación. Beneficiario del producto. Usuario	-Funcional - Conocimiento	ORG/RIO
CEAD	Coordinador general sistema de carrera a distancia	Responsable del área de Educación a Distancia, de la coordinación de las carreras que se dictan con esta modalidad, los profesores involucrados, tutores, diseñadores de contenido, etc. Beneficiario del producto, experto, regulador	-Funcional - Conocimiento -N jerárquico	ORG/ELE
AG	Alumno Grado	Usuario, beneficiario del producto.	-Funcional	ORG
APOS	Alumno Posgrado	Usuario beneficiario del producto.	-Funcional	ORG
APFC	Alumno de grado que se encuentra realizando un PFC	Desarrollador del producto. Alumno de grado que se encuentra realizando un Proyecto Final de Carrera relacionado con el producto de software.	-Funcional - Conocimiento	RIO
AP	Asesor pedagógico	Asesor pedagógico perteneciente o no a las instituciones de referencia. Experto, Consultor	- Conocimiento	ORG
CTIC	Consultor de TIC	Consultor de TIC aplicadas a la educación.	- Conocimiento	RIO
DIR	Responsable proyecto	Docente Investigador responsable del proyecto Responsable, Decisor	-Funcional - Conocimiento	RIO
AT	Asesor Técnico	Asesor Técnico sobre conectividad y cuestiones relacionadas con los entornos en donde se instalará el producto de software. Consultor	-Funcional - Conocimiento	ORG//ELE



Tabla A.2 Selección de interesados

ID	Interesado	Descripción	Criterio de identificación	Dimensión de Identificación
DC	Diseñador de contenido	Diseñador de contenido de material para educación a distancia. Usuario. Beneficiario funcional	-Funcional - Conocimiento	ORG//ELE
TE	Técnicos	Operador de plataforma de elearning. Usuario, consultor	-Funcional - Conocimiento	ORG//ELE
PT	Profesor tutor de carrera	Tutor de carrera de educación a distancia.	-Funcional - Conocimiento	ORG/ELE
CE	Corrector de estilo	Correctores del material para una adecuada comunicación con el alumno. Consultor	-Funcional - Conocimiento	ORG/ELE
TE	Tesistas	Tesistas de maestría, doctorales.	-Funcional - Conocimiento	ORG/ELE
DTE	Director de tesis	Directores y codirectores de tesis de posgrado	-Funcional - Conocimiento	ORG/ ELE

Las filas muestran las entidades identificadas y en las diferentes columnas se muestra en forma sucesiva, un identificador, el nombre del interesado, una breve descripción que permita comprender la función que desempeña el interesado en el dominio, junto con la documentación del criterio y dimensión de identificación.

Así, por ejemplo, un docente universitario es el responsable del proceso de enseñanza aprendizaje de una asignatura perteneciente a una carrera dictada en las instituciones involucradas en el caso de estudio.

Un profesor puede estar motivado a implementar e-learning en sus cursos, ya sea por sugerencia de su institución, o puede estar buscando una mayor audiencia para sus cursos, o puede querer beneficiarse con la aplicación de las tecnologías a la enseñanza para el dictado de los mismos [5], pero también la utilización de tecnologías resulta imprescindible cuando de educación a distancia se trata. El profesor se encontrará con el desafío de aprender a utilizar las tecnologías pero contará también con los beneficios correspondientes. Si bien el uso de las tecnologías beneficia en gran parte el proceso de enseñanza en general permitiendo nuevas posibilidades, demanda mayor tiempo de dedicación a los profesores para la generación de material apropiado para conformar una plataforma y esa plataforma debe ser atendida en tiempo y forma. Un desafío en educación soportada por TIC es el desarrollo de un entorno de enseñanza que facilite el diseño de materiales de estudio flexibles y personalizados, adecuados a los ambientes heterogéneos de trabajo, que garantice el intercambio y reutilización de los mismos. Un profesor cuenta con diseñadores de contenido que pueden asistirlo en la generación de material de estudio apropiado para las diferentes modalidades de enseñanza y correctores de estilo para una correcta comunicación con el alumno.

Otros de los interesados principalmente afectados por el uso de las tecnologías en la enseñanza e interesados en su mejor aprovechamiento, son los alumnos. Ellos son los reales consumidores del e-learning (Wagner y colab., 2008).

A través del uso de las TIC se estimula la exploración por parte de los alumnos, su autoexpresión y un sentido de la propiedad y control sobre el proceso de aprendizaje. Se favorece la comunicación, la cooperación entre profesores y alumnos, lo cual naturalmente vuelve al modelo de enseñanza más flexible. De esta manera, se enfatiza la construcción del conocimiento por parte de los alumnos a través de una variada gama de recursos y no la mera recepción pasiva del conocimiento.

A través del e-learning, el alumno tiene acceso a cursos interactivos y multimedia en formato web, apoyado con medios de comunicación que permiten la colaboración y discusión online del material bajo estudio. Estos mismos medios permiten que la formación sea supervisada por un experto que realice un seguimiento del progreso en el curso, así como la orientación y motivación

del alumno. Estudios recientes muestran que los alumnos esperan un alto uso de las TIC en sus estudios aunque también consideran que esto no asegura necesariamente que el proceso de aprendizaje mejore (Elis y colab. 2006).

El resultado de la utilización de estas herramientas induce a la utilización de componentes en formatos tecnológicos diversos que difícilmente se pueden reutilizar. Esta situación deriva en la necesidad de la administración de componentes educativos que permitan manejar la heterogeneidad (Luo y colab., 2006). En entornos educativos de este tipo, la interoperabilidad de la información se presenta como un factor clave, dada la necesidad de funcionamiento y operación sobre información heterogénea, proveniente de fuentes diversas, autónomas y dinámicas. Para ello es necesario contar con asesores técnicos con conocimiento específico. Sobre esta base, se hace necesario establecer un mecanismo de entendimiento que establezca una conceptualización común, de manera de contar con una estructura integrable que propicie la especialización del trabajo y la posibilidad de compartir y reutilizar los contenidos educativos.

#### **A.3.4. Asociar roles con interesados**

En la tabla A.3 se muestra algunas asociaciones de roles con interesados. Cada interesado puede estar asociado con diferentes roles. En la tabla se muestra la asociación de los diferentes interesados resultantes del análisis de varios criterios sobre diferentes dimensiones con los diferentes roles que un interesado con esas características puede asumir.

Por ejemplo, un profesor será beneficiado por el producto de software ya que verá automatizado su trabajo de generación de contenido fundamentalmente si consideramos entornos masivos de trabajo en universidades públicas (UTN y UNL). Si bien UCSE es una universidad privada, sin problemas de masividad, también sus docentes serán beneficiados al poder emplear las TIC para optimizar el proceso de enseñanza. El profesor también será operador o usuario del software y experto en el dominio de trabajo ya que de su experiencia se desprenderán cuestiones a tener en cuenta en el desarrollo.

Tabla A.3 Análisis de influencia e interés. Asociación de roles con interesados

Dimensión	Criterio	Interesados	Roles								
			Beneficiario	Responsable	Decisor	Regulador	Usuario	Experto	Consultor	Desarrollador	
Interna	ORG	-Funcional - Conocimiento	Docente universitario	√				√	√		
		N jerárquico	Secretario Académico				√				
	ELE	-Funcional - Conocimiento -N jerárquico	Coordinador general sistema de carrera a distancia	√			√	√	√	√	
		-Funcional - Conocimiento	Profesores Tutores	√				√			
		-Funcional - Conocimiento -N Jerárquico	Director de carrera EaD	√			√	√		√	
		-Funcional - Conocimiento	Diseñadores de contenido	√				√			
		-Funcional - Conocimiento	Correctores de estilo	√				√			
		RIO	-Funcional - Conocimiento	Director de proyecto de investigación	√	√	√				
	-Funcional		Integrante de Proyecto de Investigación	√				√			√

		- Conocimiento									
		-Funcional - Conocimiento	Docente investigador	√				√			√
Externa		-Funcional - Conocimiento	Consultor de TICs aplicadas a la educación						√	√	

**A.3.5. Analizar influencia e interés**

Como último paso se debe determinar la influencia y el interés del interesado en el proyecto. Para ello se deben distinguir la Influencia, que indica el poder relativo del interesado en el proyecto y el interés, medida que se deriva de la relación entre las necesidades del interesado y los propósitos y objetivos del proyecto. En la tabla A.4 se muestra el análisis de influencia e interés.

Tabla A.4 Análisis de influencia e interés

		Influencia	
		BAJA	ALTA
Interés	BAJO	CE	SA DCA CTIC
	ALTO	AG - AP- APFC- APOS TE	DPI - IPI - DI - DIR CEAD PT AP DC

# ANEXO B: REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

En este anexo se presentan las preguntas de competencia generadas en el marco de la especificación de requerimientos para el desarrollo de AONet en el marco de la metodología NeOn.

## B.1 PREGUNTAS DE COMPETENCIA

En la figura A.1 se muestra la lista completa de las preguntas de competencia en una herramienta para mapas conceptuales.



Figura A.1. Preguntas de competencia generales vistas en una herramienta para mapas conceptuales

Las preguntas de competencia formuladas fueron agrupadas en forma manual. El criterio para el agrupamiento de las preguntas de competencia tuvo su base en los usos identificados, en los usuarios identificados y en las sugerencias de los expertos del dominio.

Según lo mencionado en el capítulo 4, los grupos identificados fueron:

**Grupo Dominio de conocimiento:** Los temas y conceptos correspondientes a una asignatura.

**Grupo Descripción:** La descripción de la evaluación considerada como un recurso educativo.

**Grupo Evaluación:** La estructura de la evaluación, sus actividades y reactivos.

**Grupo Instrumentos:** Los instrumentos o técnicas utilizados para ese proceso.

A continuación se muestran las figuras que contienen las CQ agrupadas.

En la figura A.2 se muestra los grupos definidos en una herramienta para mapas conceptuales.

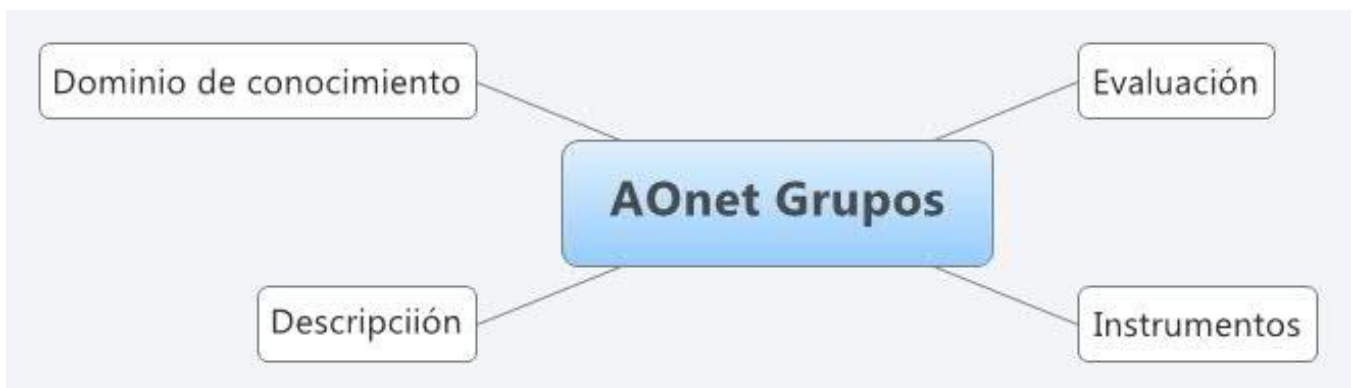


Figura A.2. Grupos definidos para las preguntas de competencia vistos en una herramienta para mapas conceptuales

La figura A.3 muestra las preguntas de competencias agrupadas en Evaluación, vistas en una herramienta para mapas conceptuales.



Figura A.3. Preguntas de competencia correspondientes al grupo Evaluación vistas en una herramienta para mapas conceptuales

La figura A.4 muestra las preguntas de competencias agrupadas en Descripción, vistas en una herramienta para mapas conceptuales.



Figura A.4. Preguntas de competencia correspondientes al grupo Descripción vistas en una herramienta para mapas conceptuales

La figura A.5 muestra las preguntas de competencias agrupadas en Instrumentos, vistas en una herramienta para mapas conceptuales.

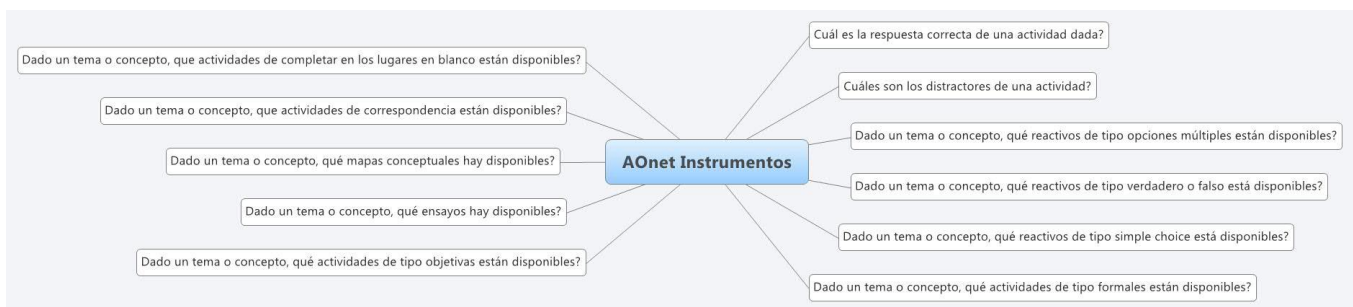


Figura A.5. Preguntas de competencia correspondientes al grupo Instrumentos vistas en una herramienta para mapas conceptuales

La figura A.6 muestra las preguntas de competencias agrupadas por Dominio de conocimiento, vistas en una herramienta para mapas conceptuales.



Figura A.6. Preguntas de competencia correspondientes al grupo Instrumentos vistas en una herramienta para mapas conceptuales

La extracción de los términos principales y su frecuencia se realizó con herramientas específicas. Para extraer los términos principales se utilizó TreeTagger<sup>24</sup> que es un anotador

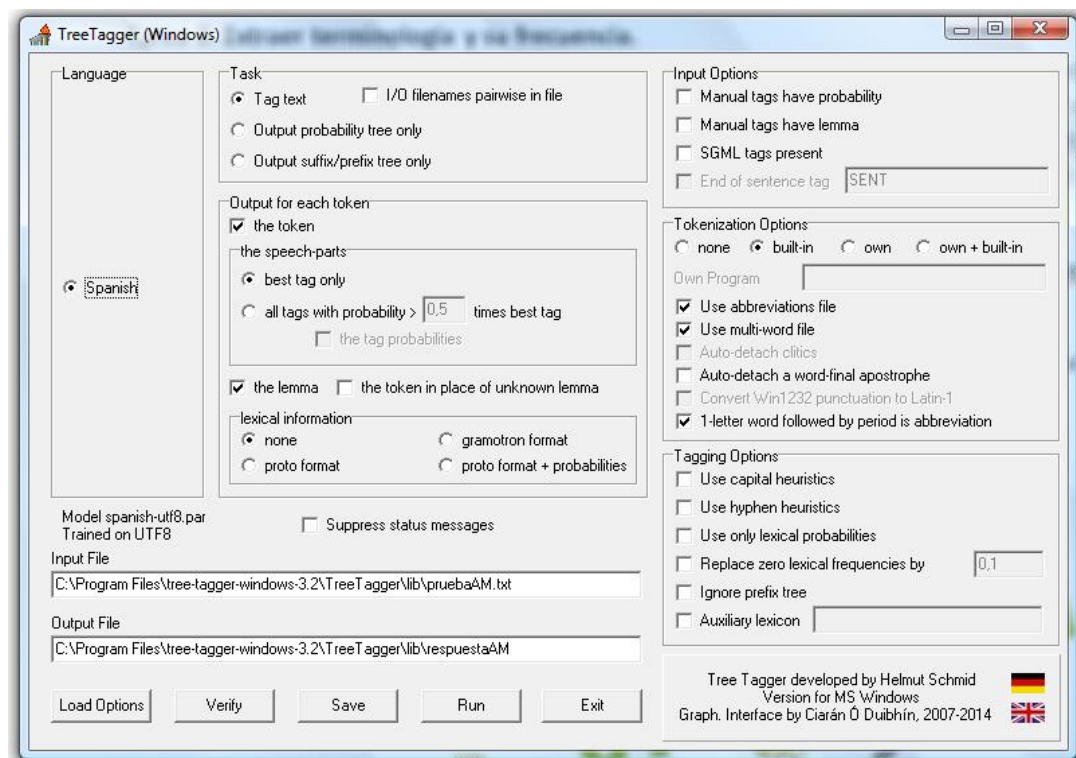
<sup>24</sup> <http://www.cis.uni-muenchen.de/~schmid/tools/TreeTagger/>



sintáctico. Una vez extraídos los términos de cada grupo, se utilizó Wordle25 para estimar y visualizar la importancia o peso de cada término mediante la conformación de una nube de palabras. Al finalizar, se utilizó Word para calcular la frecuencia de cada término en cada grupo.

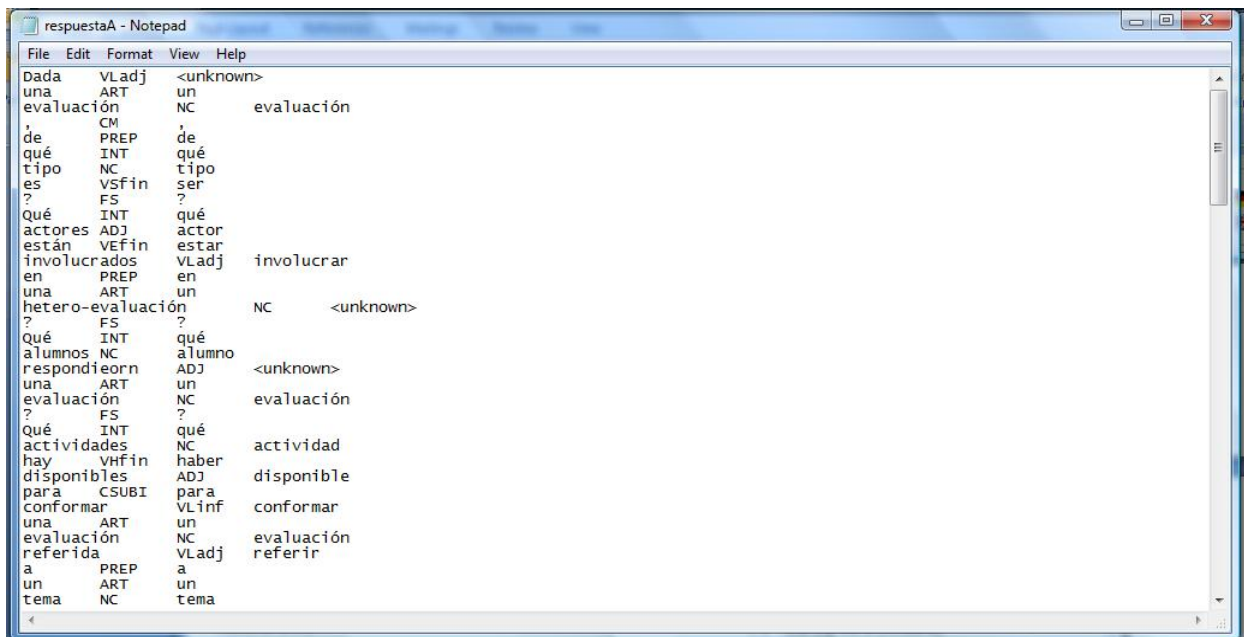
En la figura A.7 se puede apreciar la utilización de la herramienta TreeTagger .

En la figura A.8 se muestra el resultado de la aplicación de la herramienta para anotación sintáctica para la identificación de los términos del grupo evaluación. En la figura A.9 se puede observar el resultado de la aplicación de la herramienta Wordle para este grupo.



A.7 Utilización de la herramienta para extracción de términos

<sup>25</sup> <http://www.wordle.net>

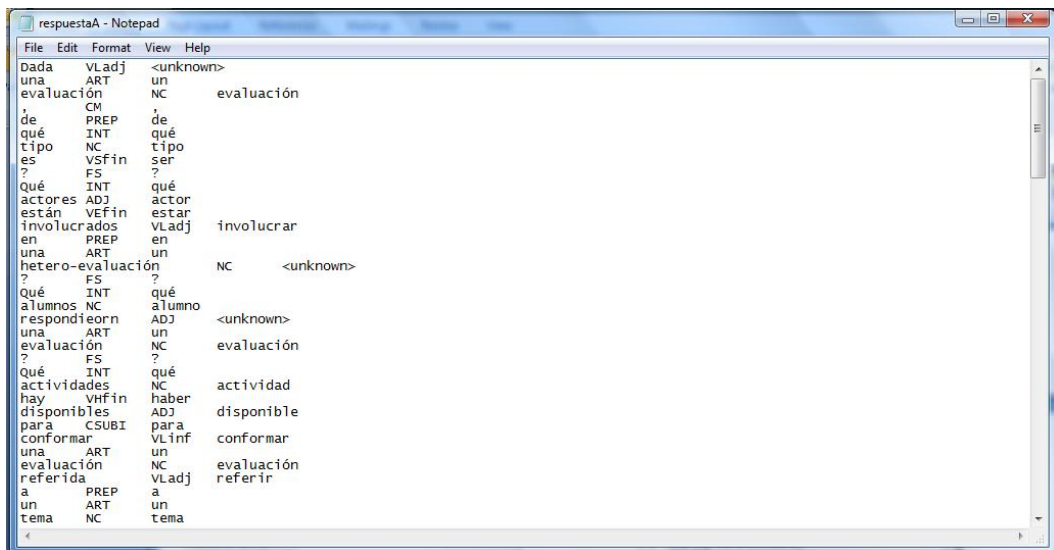


A.8. Utilización del extractor de términos para el grupo Evaluación



Figura A.9. Términos del grupo Evaluación vistos en una herramienta para nube de palabras

En la figura A.10 se muestra el resultado de la aplicación de la herramienta para anotación sintáctica para la identificación de los términos del grupo Descripción. En la figura A.11 se puede observar el resultado de la aplicación de la herramienta Wordle para este grupo.

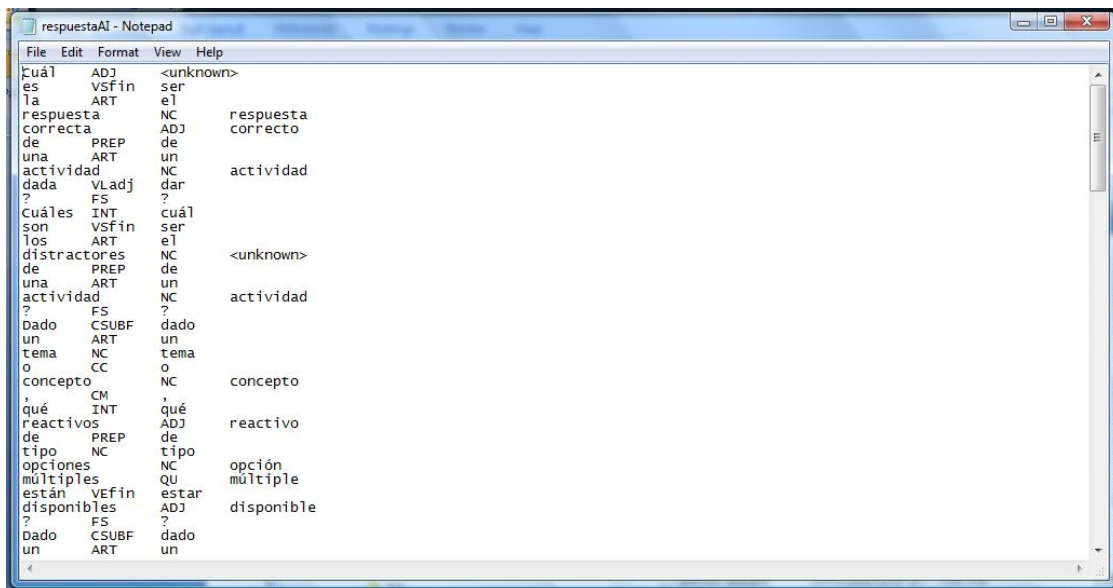


A.10. Resultado del extractor de términos para el grupo Descripción



Figura A.11. Términos del grupo Descripción vistos en una herramienta para nube de palabras

En la figura A.12 se muestra el resultado de la aplicación de la herramienta para anotación sintáctica para la identificación de los términos del grupo Instrumentos. En la figura A.13 se puede observar el resultado de la aplicación de la herramienta Wordle para este grupo.



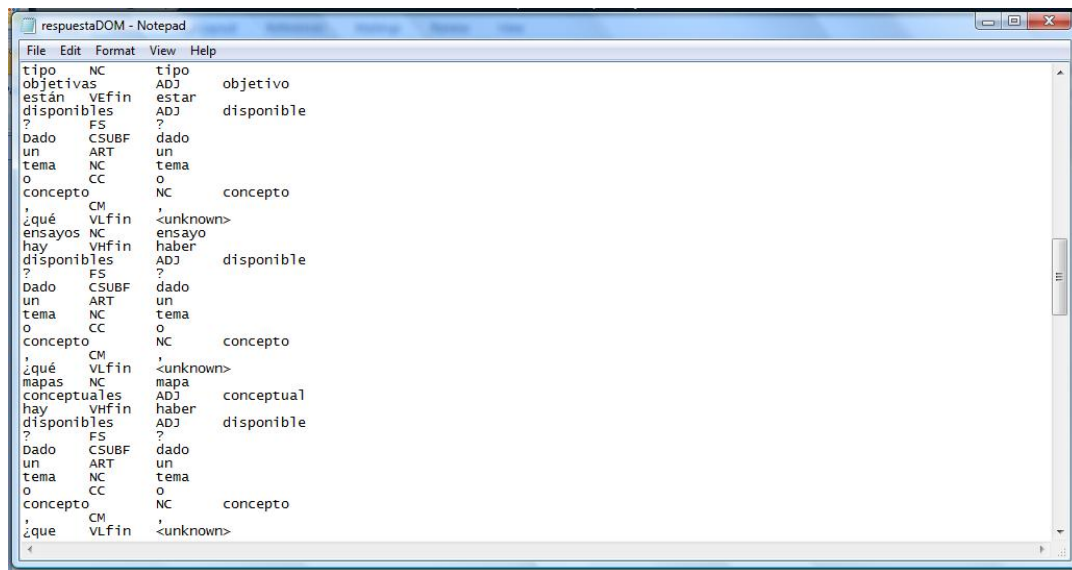
A.12. Resultado del extractor de términos para el grupo Instrumentos



Figura A.13. Términos del grupo instrumentos vistos en una herramienta para nube de palabras

Luego de identificados los términos principales de cada categoría, se procedió a calcular su frecuencia mediante la utilización del procesador de texto Word.

En la figura A.14 se muestra el resultado de la aplicación de la herramienta para anotación sintáctica para la identificación de los términos del grupo Dominio de conocimiento. En la figura A.15 se puede observar el resultado de la aplicación de la herramienta Wordle para este grupo.



A.14. Resultado del extractor de términos para el grupo Dominio de conocimiento



Figura A.15. Términos del grupo Dominio de conocimiento vistos en una herramienta para nube de palabras

En la tabla A.1, A.2, A.3 y A.4 se muestran los términos identificados para del grupo Evaluación, Descripción, Instrumentos y Dominio de conocimiento respectivamente. Las tablas muestran la frecuencia de cada término.

Tabla B.1 Términos del dominio Evaluación

Término	Frecuencia
evaluación	7
tipo	2
actor	1
Involucrar	1
Heteroevaluación	2
alumno	1
responder	1
actividad	3
disponible	4
conformar	1
referir	1
tema	8
específico	1
asignatura	8
autoevaluación	1
asociar	1
diagnóstica	1
existir	3
formativa	1
sumativa	1
coevaluación	1
agente	1
intervenir	1
coevaluación	1
reactivo	1

Tabla B.2 Términos del grupo Descripción

Término	Frecuencia
Evaluación	16
autor	2
fecha	1
creación	1
profesor	1
contexto	1
tiempo	1
alumno	1
audiencia	2
responder	1
complejidad	2
nivel	2
título	1
asignatura	5
tema	4
disponible	3
actividad	4
conformar	1
estado	3
encontrar	3
borrador	1
formato	2
cuestión	1
técnico	1
asociar	3
archivo	1
derecho de autor	1
descriptor	1
general	1
estado	3
revisión	1
recurso	1
educativo	1
diseñar	1
palabra	1
clave	1

Tabla A.3 Términos del dominio Instrumentos

Término	Frecuencia
respuesta	1
correcto	1
actividad	6
distractor	1
tema	9
concepto	9
reactivo	3
tipo	5
opción	1
múltiple	1
disponible	9
verdadero	1
falso	1
simple	1
formal	1
objetivo	1
ensayo	1
mapa	1
conceptual	1
correspondencia	1
completar	1
lugar	1
blanco	1

Tabla A.4 Términos de dominio de conocimiento

Término	Frecuencia
tema	11
concepto	13
Reactivo	3
Tipo	6
Opción	3
Evaluar	2
Disponible	10
Simple	1
Actividad	5
Verdadero	1
Falso	1
Formal	1
Objetivo	1
Ensato	1
Mapa	1
Conceptual	1
Correspondencia	1
Completar	1
Lugar	1
Blanco	1
Pregunta	1



## ANEXO C: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LA APLICACIÓN DE LAS ONTOLOGÍAS EN EL ÁMBITO DEL E-LEARNING

El uso de ontologías, como herramientas para guiar la generación, organización y personalización de contenidos de e-learning incluyendo las evaluaciones, ha ido cobrando importancia, ya que pueden representar el conocimiento de un dominio dado y tienen la capacidad de razonar sobre ello.

En este anexo se presenta un modelo que conceptualiza el avance alcanzado en el uso de tecnologías semánticas aplicadas a la evaluación, que es resultado de un profundo análisis bibliográfico de los factores involucrados en la construcción de modelos educativos para evaluación del aprendizaje en entornos e-learning.

El modelo sirve de referencia para los interesados en un proyecto de e-learning ya que su éxito depende en gran medida de la calidad de las aplicaciones y herramientas utilizadas como soporte para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### **Revisión Bibliográfica**

Para cumplir el objetivo del trabajo se realizó una revisión bibliográfica para conocer los diferentes autores que tratan la temática, distintas visiones y detectar el estado actual de las tecnologías semánticas aplicadas a las evaluaciones en entornos online. Se empleó la metodología propuesta por Medina-López (2010), que hace uso de una guía que permite conocer un campo de estudio en profundidad y determinar las actividades a seguir para realizar búsquedas sistémicas de bibliografía.

### **Ejemplo de metodología aplicada para la revisión bibliográfica sistémica**

Paso 1: El campo de estudio a analizar es la aplicación de las tecnologías semánticas para la evaluación de los conocimientos en entornos e-learning. El objetivo del trabajo es desarrollar un marco de referencia para las definiciones semánticas en el dominio de las evaluaciones en el proceso de enseñanza aprendizaje en entornos e-learning, por lo que se pretendió focalizar la

búsqueda en aquellas investigaciones que efectuaban algún aporte en cuanto al uso del e-learning, las evaluaciones en los procesos de enseñanza-aprendizaje y la aplicación de las ontologías en el dominio de estudio, de manera que la información recabada de los mismos posibilite llevar a cabo la propuesta planteada. El periodo de tiempo que se considero en el análisis fue desde el año 2001 y hasta el año 2013, al ser un tema relativamente nuevo se resolvió considerar publicaciones desde sus comienzos de manera que la revisión contemple un avance cronológico, pero al tratarse de tecnologías se reparó en el año de las publicaciones, focalizándonos en los últimos avances.

Paso 2: Se han considerado como fuentes de información aquellas publicaciones realizadas en editoriales serias y con trayectoria como Elsevier, Springer, entre otras, publicaciones en congresos internacionales y revistas destacadas en el ámbito de la investigación, tesis de maestrías y doctorales.

Paso 3: Se ha resuelto realizar las búsquedas de manera automática, para ello se definió un conjunto de palabras claves para filtrar la información recuperada, se especificó que los artículos contengan algunas (una o más) de las siguientes palabras clave y sus derivados o equivalentes en el idioma inglés: evaluación, e-evaluaciones, e-learning, ontología, tecnologías semánticas, web semántica, entorno de aprendizaje. Las palabras consideradas se fueron combinando de todas las maneras posibles y de manera coherente. De la información recuperada se observó que tanto el título, palabras claves y resumen tuvieran cierta relación con la temática, caso contrario fueron descartadas.

Paso 4: Para gestionar la bibliografía encontrada se exportaron los resultados a una planilla de cálculo que almacenaba la siguiente información: fecha de acceso, cita, lugar de descarga (de corresponder) y se descargaba el archivo almacenándose en una carpeta para tal fin. Para la depuración de los trabajos se realizó una clasificación propia del material seleccionado, determinada por el aporte que el artículo daba a la investigación (definiendo los criterios: A: alto – M: medio – B: bajo – D: descartado), dejándose de lado aquellos calificados con D. Una vez que la bibliografía era seleccionada se movía a otra carpeta, identificando cada archivo con el nombre de autor y año de publicación. Se actualizaba el archivo gestor indicando los elegidos y especificando la cantidad de artículos encontrados de acuerdo a su calificación.

Paso 5: Se seleccionaron 44 artículos y su análisis se basó en la plantilla de la Figura C.1, especialmente diseñada para este trabajo. Por cuestiones de espacio se muestra a modo de ejemplo el análisis realizado a uno de los trabajos elegidos.

<b><u>Plantilla Base para la Revisión Bibliográfica</u></b>	
Título:	
Autores:	
Lugar de trabajo:	
Tema:	
Herramientas Utilizadas:	
Herramientas Desarrolladas:	
Metodología Utilizada:	
Ontologías Utilizadas:	
Ontologías Desarrolladas:	
	Está disponible en la Web?
	Es de acceso libre?
Estándares:	
LMS:	
Reconocimiento de OA:	
Nivel de Avance:	
Conclusión:	
Grado de aporte (A: alto, M: medio, B: bajo, D: descartado):	
Observación:	

Figura C. 1. Plantilla base para la Revisión Bibliográfica

El análisis de la propuesta encontrada en [28] tiene el siguiente resultado:

Título: “Tecnologías de la Web Semántica para la generación de feedback (retroalimentación) en entornos de evaluación online.”

Autores: Sánchez-Vera, M.1; Fernández-Breis, J.2; Castellanos-Nieves, D.3; Frutos Morales, F.2; Prendes-Espinosa, M.1

Lugar de trabajo: 1Dpto. de Didáctica y Org. Escolar, Univ. de Murcia, España. 2Dpto. de Informática y Sist., Univ. de Murcia, España. 3Dpto. de Cs. de la Computación e Inteligencia Artificial, Univ. de Granada, España.

Tema: método para generar retroalimentación a partir de las preguntas abiertas de evaluaciones en entornos online, puede ser usado por docentes y alumnos durante todo el proceso de enseñanza aprendizaje.

Herramientas Utilizadas: lenguaje OWL, técnicas de NLP (Procesamiento de Lenguaje Natural), funciones de similitud semántica, editor Protégé, exelearning26.

Herramientas Desarrolladas: algoritmo de feedback, funciones de similitud semántica, algoritmo para detección de elementos ontológicos, algoritmo para detectar coincidencias de preguntas y respuestas.

Metodología Utilizada: no se menciona.

Ontologías Utilizadas: no se menciona.

Ontologías Desarrolladas: ontología Curso.

Está disponible en la Web? Si.

Es de acceso libre? Si, en <http://miuras.inf.um.es/~oele/disenowl>

Estándares: no se menciona.

LMS: plataforma OeLE.

Reconocimiento de OA: no se menciona.

Nivel de Avance: implementado.

Conclusión: La plataforma OeLE es un sistema capaz de calificar exámenes e identificar las principales fortalezas y debilidades en el aprendizaje de los estudiantes, a esta plataforma se le incorporó un sistema que genera feedback a partir de las respuestas de los estudiantes a las preguntas abiertas dadas en un examen en un entorno online. Incluye la ontología Curso que modela el conocimiento de los cursos, información que debe ser provista por los docentes, quienes además definen las estrategias y políticas de calificación. Se proporciona feedback a docentes y a

estudiantes; reportando en detalle lo actuado por un alumno en cada evaluación e indicando los aspectos a mejorar, para lo que proporciona enlaces a información pertinente.

Grado de aporte: A.

Observaciones: sin observaciones.

### **Resultados del análisis bibliográfico**

Del análisis realizado se detectó la creciente aplicación de las tecnologías semánticas en el ámbito educativo y en muchos casos para la temática evaluativa específicamente. Se encontró su uso en las siguientes formas:

- como soporte para la generación de preguntas de la forma simple, múltiple Choice o verdadero/falso (las más usadas en evaluaciones e-learning), preguntas abiertas con expresiones libres en lenguaje natural para las que se considera la exactitud de las respuestas y su pertinencia.
- para realizar las correcciones automáticas de las respuestas y almacenar información sobre los errores conceptuales producidos para su posterior consideración, a fin de efectuar sugerencias y mitigar las faltas, y de acuerdo a los conocimientos de los estudiantes ampliar y/o profundizar sobre la temática de que se trate. Junto con medidores de similitud semántica y razonadores inteligentes calificar las respuestas de las preguntas abiertas.
- en el área de la programación se aplican las ontologías relacionales, que dan el sustento necesario para proporcionar sentencias de consultas en el formato SQL, estas son traducidas al lenguaje natural para ser presentadas a los alumnos como problemas a resolver.
- con la información almacenada del actuar académico, perfil y preferencias del alumno se logra ofrecer aprendizaje personalizado en colaboración con potentes buscadores y diversos servicios web.
- posibilitan integrar diferentes contenidos de aprendizaje a diseños previamente elaborados bajo estándares para tal fin, de esta manera a un diseño de aprendizaje se le incorpora un contenido específico y se van generando diferentes componentes educativos.
- se propone un servicio de intermediación para poder compartir y reutilizar conocimientos entre sistemas heterogéneos, dejando de manifiesto la importancia de la interoperabilidad sintáctica y semántica.

- se llevan a cabo redes de ontologías que facilitan su desarrollo, administración y mantenimiento, así como la reutilización de componentes de aprendizajes, entre otros beneficios asociados. Se manejan ontologías para cuestiones específicas que, utilizadas en red, aumentan su potencial.
- se realizan actividades de mapeo y fusión de ontologías con el fin de reutilizar y compartir conceptualizaciones. Partiendo de una o más ontologías se obtiene una nueva y se actualiza automáticamente la base de conocimientos existente.
- proveen de la información necesaria para realizar implementaciones parciales y automáticas de determinado proceso de aprendizaje, a partir de las especificaciones particulares provistas por el usuario.
- permiten corregir textos cortos en lenguaje natural haciendo uso de diccionarios electrónicos, solucionando de esta manera el problema de los sinónimos.

Se detectaron avances en aspectos educativos y de aplicación al área de evaluación, y son:

- pruebas haciendo uso de algoritmos de optimización que seleccionan los ítems de un banco de ítems para conformar la evaluación de manera óptima, en un tiempo adecuado y satisfaciendo los requisitos indicados.
- evaluaciones compuestas con preguntas interactivas usando medios gráficos, para evaluar no sólo conocimientos sino también habilidades geográficas, y también a través de juegos en entornos virtuales.
- uso de metodologías de evaluaciones auténticas para casos complejos y reales.
- conformación de las evaluaciones haciendo uso de mapas conceptuales para evaluar conocimiento y rendimiento.
- elaboración de evaluaciones seleccionando el tipo de aprendizaje y competencias a evaluar, luego de lo cual se presentan listas con las actividades correspondientes para seleccionar y conformar la prueba.
- Se proponen evaluaciones reflexivas entre pares haciendo uso de las discusiones asíncronas, que favorecen las habilidades de reflexión, argumentación, comprensión conceptual, aprendizaje colaborativo y constructivo con posturas críticas.

### **Propuesta del Modelo Conceptual**

Analizado el material obtenido se concluye este trabajo con un marco teórico de referencia para las definiciones semánticas de las evaluaciones que se llevan a cabo en el proceso de enseñanza aprendizaje a través de entornos e-learning. La propuesta modela los componentes y herramientas disponibles y más utilizados para el desarrollo e implementación de estos contextos educativos. Se detallan las principales relaciones entre los componentes que garantizarán la funcionalidad del modelo. Los elementos de la Figura C.2 son los de mayor importancia detectados en el relevamiento.

La aplicación de las tecnologías de la Web Semántica en el dominio han sido un aporte significativo, las ontologías son de relevante utilidad para búsquedas, evaluación, adquisición y utilización del material de aprendizaje, permiten estructurar el conocimiento, formalizar la conceptualización en este dominio, facilitan el tratamiento automático de la información y son un componente clave en el desarrollo, entrega, diseño y calificación de las evaluaciones.

A partir del relevamiento y análisis realizado se efectúan las siguientes propuestas: para el desarrollo de ontologías: el lenguaje OWL a través del editor Protégé y las metodologías Methontology y Grüninger and Fox, de manera combinada. Las ontologías aplicadas a las evaluaciones se han integrado a las plataformas LMS, aquí se recomienda el uso de Moodle, por la potencialidad de las herramientas que provee, esto permite estructurar los contenidos de aprendizaje que se pueden conceptualizar como OA y ser descripto a través de metadatos. Se aprecia la aplicación de estándares: IEEE LOM es el más usado para la descripción de OA; IMS QTI para representar contenido y resultados de evaluaciones; IMS-LD para el modelado de procesos de aprendizaje y Dublin Core para describir los recursos en red y debe utilizarse de manera conjunta con otros estándares compatibles en el contexto de aplicación.

# ANEXO D: CÓDIGO OWL DE LA RED DE ONTOLOGÍAS AONET

```
<?xml version="1.0"?>

<!DOCTYPE Ontology [
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >
  <!ENTITY xml "http://www.w3.org/XML/1998/namespace" >
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
]>

<Ontology xmlns="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1328898742.owl"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
  ontologyIRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1328898742.owl">
  <Prefix name="" IRI="http://www.w3.org/2002/07/owl#" />
  <Prefix name="owl" IRI="http://www.w3.org/2002/07/owl#" />
  <Prefix name="rdf" IRI="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-
ns#" />
  <Prefix name="xsd" IRI="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" />
  <Prefix name="rdfs" IRI="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" />
  <Prefix name="aonet" IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1328898742.owl#" />
  <Prefix name="owl2xml" IRI="http://www.w3.org/2006/12/owl2-xml#" />
  <Prefix name="Ontology1328898742" IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1328898742.owl#" />
  <Prefix name="Ontology1329480628" IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1329480628.owl#" />
  <Prefix name="Ontology1417521898297"
IRI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/Ontology14175218982
97.owl#" />
  <Import>http://sqwrl.stanford.edu/ontologies/built-
ins/3.4/sqwrl.owl</Import>
  <Import>http://swrl.stanford.edu/ontologies/3.3/swrla.owl</Import>
  <Import>http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1416580559.owl</Import>

  <Import>http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/Ontology14175218
98297.owl</Import>
  <Import>http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1416576354.owl</Import>
```



```
<Import>http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl</Import>
<Declaration>
  <Class IRI="#Activity"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Agent"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Aspect"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Author"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#CoAssessment"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Dates"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Degree"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Educator"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Learner"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Management"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Moment"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#PedagogicalPrinciples"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Reactive"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Rubric"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Score"/>
```

```
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#SelfAssessment"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Completion"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Instrument"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Numeric"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#describes"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#employs"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#evaluates"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasAgent"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasAspect"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasCoAssessed"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasCoEvaluator"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasDegree"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasEvaluator"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasFailure"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasMoment"/>
</Declaration>
```

```
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasRubric"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasSelfAssessed"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasSelfEvaluator"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#hasSelfEvaluatorOf"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#iisAssessedIn"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#iisEvaluatorOf"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#isAgentOf"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#isAspectOf"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#isCoAssessedIn"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#isCoEvaluatorOf"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedByReactive"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#isDegreeOf"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#isDescribedBy"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#isEmployedIn"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#isEvaluatedIn"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#isFailureIn"/>
</Declaration>
<Declaration>
```

```

    <ObjectProperty IRI="#isMomentOf"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <ObjectProperty IRI="#isPartOf"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <ObjectProperty IRI="#isReactiveOf"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <ObjectProperty IRI="#isRubricOf"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <ObjectProperty IRI="#isSelfAssessedIn"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <ObjectProperty IRI="#isUsedBy"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <ObjectProperty IRI="#uses"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasCompletionAnswer"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty IRI="#content"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <DataProperty
abbreviatedIRI="Ontology1329480628:Description"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <NamedIndividual IRI="#24_10_14"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <NamedIndividual IRI="#Benitez_Lautaro"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <NamedIndividual IRI="#Costamagna_Sofia"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <NamedIndividual IRI="#Fernandez_Manuel"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <NamedIndividual IRI="#M=sCON"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <NamedIndividual IRI="#Romagnoli_Esteban"/>
  </Declaration>
<Declaration>
    <NamedIndividual IRI="#Vicentin_Lucrecia"/>
  </Declaration>

```

```
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#cambios_instantaneos"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#cambios_periodicos"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#cambios_procesos"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#cambios_puntos_de_tiempo"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_activity"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_reactive"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_sch"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#completion_2"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual
IRI="#componenetes_con_salidas_puertos_de_salida"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#componente_modelo_simulacion_mch"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual
IRI="#componente_modelo_simulacion_reactive"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual
IRI="#componentes_con_entradas_puertos_de_entrada"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual
IRI="#componentes_con_tiempo_proximo_evento_igual_tiempo_simulacion"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual
IRI="#componentes_modelo_simulacion_activity"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#difficult"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#easy"/>
```

```

</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#english"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#evolucion_sistema_discreto_activity"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#evolucion_sistema_discreto_reactive"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS_description"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#examen_introduction_to_DEVS_title"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#m=SELECT"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#m=ic"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#m=ic_SELECT"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#machineLearning"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#mch_evolucion_sistema_discreto"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#medium"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual
IRI="#modelo_DEVS_clasaico_acoplado_activity"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#modelo_DEV_clasico_reactive"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#modelo_DEV_clasico_sch"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#representacion_avance_tiempo"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#representacion_de_arribos"/>

```

```
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#representacion_entidades"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#representacion_salida"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#search"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#sistemasDiscretosUnit"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#spanish"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#very_difficult"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <NamedIndividual IRI="#very_easy"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <AnnotationProperty IRI="#description"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Activity"/>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Activity"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
    <Class IRI="#Reactive"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Activity"/>
  <ObjectAllValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
    <Class IRI="#Reactive"/>
  </ObjectAllValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Agent"/>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Assessment"/>
  <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1416576354.owl#EducationalResource"/>
</SubClassOf>
```

```

<SubClassOf>
  <Class IRI="#Assessment"/>
  <ObjectIntersectionOf>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#evaluates"/>
      <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1416580559.owl#Unit"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectAllValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#evaluates"/>
      <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1416580559.owl#Unit"/>
    </ObjectAllValuesFrom>
  </ObjectIntersectionOf>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Assessment"/>
  <ObjectIntersectionOf>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#isDescribedBy"/>
      <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#AssessmentMetadata"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectAllValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#isDescribedBy"/>
      <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#AssessmentMetadata"/>
    </ObjectAllValuesFrom>
  </ObjectIntersectionOf>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Assessment"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasAgent"/>
    <Class IRI="#Agent"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Assessment"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasMoment"/>
    <Class IRI="#Moment"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Assessment"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasRubric"/>
    <Class IRI="#Rubric"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>

```



```
<Class IRI="#Assessment"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
      <Class IRI="#Activity"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
  </SubClassOf>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Assessment"/>
  <ObjectAllValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasAgent"/>
    <Class IRI="#Agent"/>
  </ObjectAllValuesFrom>
</SubClassOf>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Assessment"/>
  <ObjectAllValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasMoment"/>
    <Class IRI="#Moment"/>
  </ObjectAllValuesFrom>
</SubClassOf>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Assessment"/>
  <ObjectAllValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasRubric"/>
    <Class IRI="#Rubric"/>
  </ObjectAllValuesFrom>
</SubClassOf>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Assessment"/>
  <ObjectAllValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
    <Class IRI="#Activity"/>
  </ObjectAllValuesFrom>
</SubClassOf>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Assessment"/>
  <ObjectExactCardinality cardinality="1">
    <ObjectProperty IRI="#hasMoment"/>
  </ObjectExactCardinality>
</SubClassOf>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Assessment"/>
  <ObjectExactCardinality cardinality="1">
    <ObjectProperty IRI="#hasRubric"/>
  </ObjectExactCardinality>
</SubClassOf>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Author"/>
  <Class IRI="#Agent"/>
</SubClassOf>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#CoAssessment"/>
```

```

    <Class IRI="#Assessment"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#CoAssessment"/>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
      <Class IRI="#Educator"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#CoAssessment"/>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#hasEvaluator"/>
      <Class IRI="#Educator"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#CoAssessment"/>
    <ObjectAllValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
      <Class IRI="#Educator"/>
    </ObjectAllValuesFrom>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#CoAssessment"/>
    <ObjectAllValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#hasEvaluator"/>
      <Class IRI="#Educator"/>
    </ObjectAllValuesFrom>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#Dates"/>
    <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#LifeCycle"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#Educator"/>
    <Class IRI="#Agent"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
    <Class IRI="#Assessment"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
      <Class IRI="#Learner"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#HeteroAssessment"/>

```

```

    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#hasEvaluator"/>
      <Class IRI="#Educator"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
  </SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
  <ObjectAllValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
    <Class IRI="#Learner"/>
  </ObjectAllValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
  <ObjectAllValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasEvaluator"/>
    <Class IRI="#Educator"/>
  </ObjectAllValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Learner"/>
  <Class IRI="#Agent"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Management"/>
  <Class IRI="#Agent"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Reactive"/>
  <ObjectIntersectionOf>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#uses"/>
      <Class
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Instrument"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectAllValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#uses"/>
      <Class
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Instrument"/>
    </ObjectAllValuesFrom>
  </ObjectIntersectionOf>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Score"/>
  <Class IRI="#Rubric"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Score"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasAspect"/>
    <Class IRI="#Aspect"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>

```

```

</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Score"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasDegree"/>
    <Class IRI="#Degree"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Score"/>
  <ObjectAllValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasAspect"/>
    <Class IRI="#Aspect"/>
  </ObjectAllValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Score"/>
  <ObjectAllValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasDegree"/>
    <Class IRI="#Degree"/>
  </ObjectAllValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Score"/>
  <ObjectExactCardinality cardinality="1">
    <ObjectProperty IRI="#hasAspect"/>
  </ObjectExactCardinality>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Score"/>
  <ObjectExactCardinality cardinality="1">
    <ObjectProperty IRI="#hasDegree"/>
  </ObjectExactCardinality>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#SelfAssessment"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#SelfAssessment"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
    <Class IRI="#Learner"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#SelfAssessment"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasEvaluator"/>
    <Class IRI="#Learner"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</SubClassOf>

```

```
<SubClassOf>
  <Class IRI="#SelfAssessment"/>
  <ObjectAllValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
    <Class IRI="#Learner"/>
  </ObjectAllValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#SelfAssessment"/>
  <ObjectAllValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasEvaluator"/>
    <Class IRI="#Learner"/>
  </ObjectAllValuesFrom>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1416580559.owl#Course"/>
  <ObjectIntersectionOf>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#employs"/>
      <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1416576354.owl#EducationalResource"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectAllValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#employs"/>
      <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1416576354.owl#EducationalResource"/>
    </ObjectAllValuesFrom>
  </ObjectIntersectionOf>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Instrument"/>
  <ObjectIntersectionOf>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#isUsedBy"/>
      <Class IRI="#Reactive"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectAllValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#isUsedBy"/>
      <Class IRI="#Reactive"/>
    </ObjectAllValuesFrom>
  </ObjectIntersectionOf>
</SubClassOf>
<DisjointClasses>
  <Class IRI="#CoAssessment"/>
  <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
</DisjointClasses>
<DisjointClasses>
  <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
</DisjointClasses>
<DisjointClasses>
  <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
</DisjointClasses>
```

```

    <Class IRI="#SelfAssessment"/>
</DisjointClasses>
<ClassAssertion>
    <Class IRI="#Dates"/>
    <NamedIndividual IRI="#24_10_14"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
    <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Numeric"/>
    <NamedIndividual IRI="#89"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
    <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
    <NamedIndividual IRI="#89"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
    <Class IRI="#Aspect"/>
    <NamedIndividual IRI="#Aspect_3"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
    <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
    <NamedIndividual IRI="#Aspect_3"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
    <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
    <NamedIndividual IRI="#Assessment_1"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
    <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
    <NamedIndividual IRI="#Assessment_1"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
    <Class IRI="#Learner"/>
    <NamedIndividual IRI="#Benitez_Lautaro"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
    <Class IRI="#Learner"/>
    <NamedIndividual IRI="#Costamagna_Sofia"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
    <Class IRI="#Degree"/>
    <NamedIndividual IRI="#Degree_2"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
    <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
    <NamedIndividual IRI="#Degree_2"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
    <Class IRI="#Moment"/>
    <NamedIndividual IRI="#Diagnostic"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
    <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>

```

```
<NamedIndividual IRI="#Diagnostic"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Learner"/>
  <NamedIndividual IRI="#Fernandez_Manuel"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Moment"/>
  <NamedIndividual IRI="#Formative"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#Formative"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Learner"/>
  <NamedIndividual IRI="#Gonzalez_Maria"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#Gonzalez_Maria"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Educator"/>
  <NamedIndividual IRI="#Gutierrez_Milagros"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#Gutierrez_Milagros"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Distractor"/>
  <NamedIndividual IRI="#M=sCON"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Learner"/>
  <NamedIndividual IRI="#Perez_Juan"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#Perez_Juan"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Reactive"/>
  <NamedIndividual IRI="#Reactive_4"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#Reactive_4"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Reactive"/>
```

```
<NamedIndividual IRI="#Reactive_5"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#Reactive_5"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Reactive"/>
  <NamedIndividual IRI="#Reactive_6"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#Reactive_6"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Reactive"/>
  <NamedIndividual IRI="#Reactive_7"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#Reactive_7"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Learner"/>
  <NamedIndividual IRI="#Romagnoli_Esteban"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Educator"/>
  <NamedIndividual IRI="#Romero_Lucila"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#Romero_Lucila"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Rubric"/>
  <NamedIndividual IRI="#Rubric_1"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#Rubric_1"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Moment"/>
  <NamedIndividual IRI="#Summative"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#Summative"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Learner"/>
```



```
<NamedIndividual IRI="#Vicentin_Lucrecia"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Distractor"/>
  <NamedIndividual IRI="#cambios_instantaneos"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Distractor"/>
  <NamedIndividual IRI="#cambios_periodicos"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Distractor"/>
  <NamedIndividual IRI="#cambios_procesos"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:TrueOption"/>
  <NamedIndividual IRI="#cambios_puntos_de_tiempo"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Activity"/>
  <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_activity"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Reactive"/>
  <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_reactive"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:SimpleChoice"/>
  <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_sch"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Completion"/>
  <NamedIndividual IRI="#completion_1"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#completion_1"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Distractor"/>
  <NamedIndividual
IRI="#componetes_con_salidas_puertos_de_salida"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:SimpleChoice"/>
  <NamedIndividual IRI="#componente_modelo_simulacion_mch"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Reactive"/>
  <NamedIndividual
IRI="#componente_modelo_simulacion_reactive"/>
</ClassAssertion>
```

```

    <ClassAssertion>
      <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Distractor"/>
      <NamedIndividual
IRI="#componentes_con_entradas_puertos_de_entrada"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:TrueOption"/>
      <NamedIndividual
IRI="#componentes_con_tiempo_proximo_evento_igual_tiempo_simulacion"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class IRI="#Activity"/>
      <NamedIndividual
IRI="#componentes_modelo_simulacion_activity"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#Difficulty"/>
      <NamedIndividual IRI="#difficult"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#Difficulty"/>
      <NamedIndividual IRI="#easy"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#Language"/>
      <NamedIndividual IRI="#english"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class IRI="#Activity"/>
      <NamedIndividual IRI="#evolucion_sistema_discreto_activity"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class IRI="#Reactive"/>
      <NamedIndividual IRI="#evolucion_sistema_discreto_reactive"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
      <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToAI"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
      <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToAI"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
      <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>

```

```
<Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#Description"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS_description"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#Title"/>
  <NamedIndividual IRI="#examen_introduction_to_DEVS_title"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Distractor"/>
  <NamedIndividual IRI="#m=SELECT"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:TrueOption"/>
  <NamedIndividual IRI="#m=ic"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Distractor"/>
  <NamedIndividual IRI="#m=ic_SELECT"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class
IRI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/untitled-ontology-
75#AIUnit"/>
  <NamedIndividual IRI="#machineLearning"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Activity"/>
  <NamedIndividual IRI="#machineLearningActivity"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#machineLearningActivity"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Learner"/>
  <NamedIndividual IRI="#mary"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#mary"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:MultipleChoice"/>
  <NamedIndividual IRI="#mch_evolucion_sistema_discreto"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#Difficulty"/>
  <NamedIndividual IRI="#medium"/>
</ClassAssertion>
```

```

    <ClassAssertion>
      <Class IRI="#Activity"/>
      <NamedIndividual
IRI="#modelo_DEVS_clasaico_acoplado_activity"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class IRI="#Reactive"/>
      <NamedIndividual IRI="#modelo_DEV_clasico_reactive"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:SimpleChoice"/>
      <NamedIndividual IRI="#modelo_DEV_clasico_sch"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class IRI="#Educator"/>
      <NamedIndividual IRI="#norving"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
      <NamedIndividual IRI="#norving"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:TrueOption"/>
      <NamedIndividual IRI="#representacion_avance_tiempo"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Distractor"/>
      <NamedIndividual IRI="#representacion_de_arribos"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Distractor"/>
      <NamedIndividual IRI="#representacion_entidades"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Distractor"/>
      <NamedIndividual IRI="#representacion_salida"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class
IRI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/11/untitled-ontology-
75#AIUnit"/>
      <NamedIndividual IRI="#search"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class IRI="#Activity"/>
      <NamedIndividual IRI="#searchActivity"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>
      <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
      <NamedIndividual IRI="#searchActivity"/>
    </ClassAssertion>
    <ClassAssertion>

```

```
<Class IRI="#Reactive"/>
  <NamedIndividual IRI="#searchItem1"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#searchItem1"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#Reactive"/>
  <NamedIndividual IRI="#searchItem2"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class abbreviatedIRI="owl:Thing"/>
  <NamedIndividual IRI="#searchItem2"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1416580559.owl#DEVSSUnit"/>
  <NamedIndividual IRI="#sistemasDiscretosUnit"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#Language"/>
  <NamedIndividual IRI="#spanish"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#Difficulty"/>
  <NamedIndividual IRI="#very_difficult"/>
</ClassAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasAgent"/>
  <NamedIndividual IRI="#Assessment_1"/>
  <NamedIndividual IRI="#Gutierrez_Milagros"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
  <NamedIndividual IRI="#Assessment_1"/>
  <NamedIndividual IRI="#Gonzalez_Maria"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
  <NamedIndividual IRI="#Assessment_1"/>
  <NamedIndividual IRI="#Perez_Juan"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasEvaluator"/>
  <NamedIndividual IRI="#Assessment_1"/>
  <NamedIndividual IRI="#Gutierrez_Milagros"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasMoment"/>
```

```

    <NamedIndividual IRI="#Assessment_1"/>
    <NamedIndividual IRI="#Summative"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#hasRubric"/>
    <NamedIndividual IRI="#Assessment_1"/>
    <NamedIndividual IRI="#Rubric_1"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#isAgentOf"/>
    <NamedIndividual IRI="#Gutierrez_Milagros"/>
    <NamedIndividual IRI="#Assessment_1"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#isRubricOf"/>
    <NamedIndividual IRI="#Rubric_1"/>
    <NamedIndividual IRI="#Assessment_1"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#isComposedByReactive"/>
    <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_activity"/>
    <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_reactive"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#uses"/>
    <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_reactive"/>
    <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_sch"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
    <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_sch"/>
    <NamedIndividual
IRI="#componenetes_con_salidas_puertos_de_salida"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
    <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_sch"/>
    <NamedIndividual
IRI="#componentes_con_tiempo_proximo_evento_igual_tiempo_simulacion"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
    <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_sch"/>
    <NamedIndividual
IRI="#componentes_con_entradas_puertos_de_entrada"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasCompletionAnswer"/>

```

```
<NamedIndividual IRI="#completion_1"/>
<NamedIndividual IRI="#89"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
  <NamedIndividual IRI="#componente_modelo_simulacion_mch"/>
  <NamedIndividual IRI="#representacion_entidades"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
  <NamedIndividual IRI="#componente_modelo_simulacion_mch"/>
  <NamedIndividual IRI="#representacion_salida"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
  <NamedIndividual IRI="#componente_modelo_simulacion_mch"/>
  <NamedIndividual IRI="#representacion_avance_tiempo"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
  <NamedIndividual IRI="#componente_modelo_simulacion_mch"/>
  <NamedIndividual IRI="#representacion_de_arribos"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#uses"/>
  <NamedIndividual
IRI="#componente_modelo_simulacion_reactive"/>
  <NamedIndividual IRI="#componente_modelo_simulacion_mch"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedByReactive"/>
  <NamedIndividual
IRI="#componentes_modelo_simulacion_activity"/>
  <NamedIndividual
IRI="#componente_modelo_simulacion_reactive"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedByReactive"/>
  <NamedIndividual IRI="#evolucion_sistema_discreto_activity"/>
  <NamedIndividual IRI="#evolucion_sistema_discreto_reactive"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#uses"/>
  <NamedIndividual IRI="#evolucion_sistema_discreto_reactive"/>
  <NamedIndividual IRI="#mch_evolucion_sistema_discreto"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasMoment"/>
```

```
<NamedIndividual IRI="#examIntroductionToAI"/>
<NamedIndividual IRI="#Summative"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToAI"/>
  <NamedIndividual IRI="#machineLearningActivity"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToAI"/>
  <NamedIndividual IRI="#searchActivity"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#Costamagna_Sofia"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#Perez_Juan"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#Fernandez_Manuel"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#Benitez_Lautaro"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#Gonzalez_Maria"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#Romagnoli_Esteban"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#Vicentin_Lucrecia"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasEvaluator"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#Gutierrez_Milagros"/>
```



```
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#hasMoment"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#Summative"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#evolucion_sistema_discreto_activity"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual
IRI="#componentes_modelo_simulacion_activity"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#ciclo_de_simulacion_DEVS_activity"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual
IRI="#modelo_DEVS_clasaico_acoplado_activity"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isDescribedBy"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#spanish"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isDescribedBy"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="#examen_introduction_to_DEVS_title"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isDescribedBy"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#final"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isDescribedBy"/>
  <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVS"/>
  <NamedIndividual IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#higher_education"/>
</ObjectPropertyAssertion>
<ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectProperty IRI="#isDescribedBy"/>
```

```

    <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVs"/>
    <NamedIndividual IRI="#24_10_14"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#describes"/>
    <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVs_description"/>
    <NamedIndividual IRI="#examIntroductionToDEVs"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#evaluates"/>
    <NamedIndividual IRI="#examen_introduction_to_DEVs_title"/>
    <NamedIndividual IRI="#sistemasDiscretosUnit"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
    <NamedIndividual IRI="#mch_evolucion_sistema_discreto"/>
    <NamedIndividual IRI="#cambios_puntos_de_tiempo"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
    <NamedIndividual IRI="#mch_evolucion_sistema_discreto"/>
    <NamedIndividual IRI="#cambios_procesos"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
    <NamedIndividual IRI="#mch_evolucion_sistema_discreto"/>
    <NamedIndividual IRI="#cambios_instantaneos"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
    <NamedIndividual IRI="#mch_evolucion_sistema_discreto"/>
    <NamedIndividual IRI="#cambios_periodicos"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#isComposedByReactive"/>
    <NamedIndividual
IRI="#modelo_DEVs_clasico_acoplado_activity"/>
    <NamedIndividual IRI="#modelo_DEV_clasico_reactive"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#uses"/>
    <NamedIndividual IRI="#modelo_DEV_clasico_reactive"/>
    <NamedIndividual IRI="#modelo_DEV_clasico_sch"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
    <NamedIndividual IRI="#modelo_DEV_clasico_sch"/>

```

```

    <NamedIndividual IRI="#m=ic"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
    <NamedIndividual IRI="#modelo_DEV_clasico_sch"/>
    <NamedIndividual IRI="#M=sCON"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
    <NamedIndividual IRI="#modelo_DEV_clasico_sch"/>
    <NamedIndividual IRI="#m=SELECT"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasOption"/>
    <NamedIndividual IRI="#modelo_DEV_clasico_sch"/>
    <NamedIndividual IRI="#m=ic_SELECT"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#isComposedByReactive"/>
    <NamedIndividual IRI="#searchActivity"/>
    <NamedIndividual IRI="#searchItem2"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#isComposedByReactive"/>
    <NamedIndividual IRI="#searchActivity"/>
    <NamedIndividual IRI="#searchItem1"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#uses"/>
    <NamedIndividual IRI="#searchItem1"/>
    <NamedIndividual IRI="#completion_1"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <ObjectPropertyAssertion>
    <ObjectProperty IRI="#uses"/>
    <NamedIndividual IRI="#searchItem2"/>
    <NamedIndividual IRI="#completion_2"/>
  </ObjectPropertyAssertion>
  <DataPropertyAssertion>
    <DataProperty
abbreviatedIRI="Ontology1329480628:Description"/>
    <NamedIndividual IRI="#Reactive_4"/>
    <Literal datatypeIRI="&xsd:string">increase k if we are using
the k-nearest neighbours</Literal>
  </DataPropertyAssertion>
  <DataPropertyAssertion>
    <DataProperty
abbreviatedIRI="Ontology1329480628:Description"/>
    <NamedIndividual IRI="#Reactive_5"/>

```

```

    <Literal datatypeIRI="&xsd:string">increase k if we are using
the k means algorithm</Literal>
  </DataPropertyAssertion>
  <DataPropertyAssertion>
    <DataProperty
abbreviatedIRI="Ontology1329480628:Description"/>
    <NamedIndividual IRI="#Reactive_6"/>
    <Literal datatypeIRI="&xsd:string">increase k if we are using
Laplace smoothing</Literal>
  </DataPropertyAssertion>
  <DataPropertyAssertion>
    <DataProperty
abbreviatedIRI="Ontology1329480628:Description"/>
    <NamedIndividual IRI="#Reactive_7"/>
    <Literal datatypeIRI="&xsd:string">use fewer particles if we
are using particle filters</Literal>
  </DataPropertyAssertion>
  <SubObjectPropertyOf>
    <ObjectProperty IRI="#isAspectOf"/>
    <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
  </SubObjectPropertyOf>
  <InverseObjectProperties>
    <ObjectProperty IRI="#isDescribedBy"/>
    <ObjectProperty IRI="#describes"/>
  </InverseObjectProperties>
  <InverseObjectProperties>
    <ObjectProperty IRI="#employs"/>
    <ObjectProperty IRI="#isEmployedIn"/>
  </InverseObjectProperties>
  <InverseObjectProperties>
    <ObjectProperty IRI="#evaluates"/>
    <ObjectProperty IRI="#isEvaluatedIn"/>
  </InverseObjectProperties>
  <InverseObjectProperties>
    <ObjectProperty IRI="#isAgentOf"/>
    <ObjectProperty IRI="#hasAgent"/>
  </InverseObjectProperties>
  <InverseObjectProperties>
    <ObjectProperty IRI="#isAspectOf"/>
    <ObjectProperty IRI="#hasAspect"/>
  </InverseObjectProperties>
  <InverseObjectProperties>
    <ObjectProperty IRI="#iisAssessedIn"/>
    <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
  </InverseObjectProperties>
  <InverseObjectProperties>
    <ObjectProperty IRI="#isCoAssessedIn"/>
    <ObjectProperty IRI="#hasCoAssessed"/>
  </InverseObjectProperties>
  <InverseObjectProperties>
    <ObjectProperty IRI="#hasCoEvaluator"/>
    <ObjectProperty IRI="#isCoEvaluatorOf"/>
  </InverseObjectProperties>

```

```
</InverseObjectProperties>
<InverseObjectProperties>
  <ObjectProperty IRI="#isDegreeOf"/>
  <ObjectProperty IRI="#hasDegree"/>
</InverseObjectProperties>
<InverseObjectProperties>
  <ObjectProperty IRI="#hasEvaluator"/>
  <ObjectProperty IRI="#iisEvaluatorOf"/>
</InverseObjectProperties>
<InverseObjectProperties>
  <ObjectProperty IRI="#hasFailure"/>
  <ObjectProperty IRI="#isFailureIn"/>
</InverseObjectProperties>
<InverseObjectProperties>
  <ObjectProperty IRI="#hasMoment"/>
  <ObjectProperty IRI="#isMomentOf"/>
</InverseObjectProperties>
<InverseObjectProperties>
  <ObjectProperty IRI="#isRubricOf"/>
  <ObjectProperty IRI="#hasRubric"/>
</InverseObjectProperties>
<InverseObjectProperties>
  <ObjectProperty IRI="#hasSelfAssessed"/>
  <ObjectProperty IRI="#isSelfAssessedIn"/>
</InverseObjectProperties>
<InverseObjectProperties>
  <ObjectProperty IRI="#hasSelfEvaluatorOf"/>
  <ObjectProperty IRI="#hasSelfEvaluator"/>
</InverseObjectProperties>
<InverseObjectProperties>
  <ObjectProperty IRI="#isPartOf"/>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
</InverseObjectProperties>
<InverseObjectProperties>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedByReactive"/>
  <ObjectProperty IRI="#isReactiveOf"/>
</InverseObjectProperties>
<InverseObjectProperties>
  <ObjectProperty IRI="#isUsedBy"/>
  <ObjectProperty IRI="#uses"/>
</InverseObjectProperties>
<InverseObjectProperties>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:hasPortfolioContent"/>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isPortfolioContent"/>
</InverseObjectProperties>
<FunctionalObjectProperty>
  <ObjectProperty IRI="#hasRubric"/>
</FunctionalObjectProperty>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#describes"/>
```

```
<Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#AssessmentMetadata"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#employs"/>
  <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1416580559.owl#Course"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#evaluates"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasAgent"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasAspect"/>
  <Class IRI="#Score"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
  <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasCoAssessed"/>
  <Class IRI="#CoAssessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasCoEvaluator"/>
  <Class IRI="#CoAssessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasDegree"/>
  <Class IRI="#Score"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasEvaluator"/>
  <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasFailure"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasMoment"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasRubric"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
```

```
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasSelfAssessed"/>
  <Class IRI="#SelfAssessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasSelfEvaluator"/>
  <Class IRI="#SelfAssessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#hasSelfEvaluatorOf"/>
  <Class IRI="#Learner"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#iisAssessedIn"/>
  <Class IRI="#Learner"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#iisEvaluatorOf"/>
  <Class IRI="#Educator"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isAgentOf"/>
  <Class IRI="#Agent"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isAspectOf"/>
  <Class IRI="#Aspect"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isCoAssessedIn"/>
  <Class IRI="#Educator"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isCoEvaluatorOf"/>
  <Class IRI="#Educator"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
  <Class IRI="#Activity"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedByReactive"/>
  <Class IRI="#Activity"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isDegreeOf"/>
  <Class IRI="#Degree"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isDescribedBy"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
```

```

<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isFailureIn"/>
  <Class IRI="#PedagogicalPrinciples"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isMomentOf"/>
  <Class IRI="#Moment"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isPartOf"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isReactiveOf"/>
  <Class IRI="#Reactive"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isRubricOf"/>
  <Class IRI="#Rubric"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isSelfAssessedIn"/>
  <Class IRI="#Learner"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#isUsedBy"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Instrument"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty IRI="#uses"/>
  <Class IRI="#Reactive"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isBooleanAnswerOf"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:TrueFalse"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isCitationOf"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Citation"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isCompletionAnswerOf"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Answer"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isContentOf"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Content"/>
</ObjectPropertyDomain>

```



```
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isCorrespondenceAnswerOf"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Answer"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isMechanicOf"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Mechanic"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isOptionOf"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Option"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isOrganizationOf"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Organization"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isPartOfInstrument"/>
  <Class
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:SimpleInstrument"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isPortfolioContent"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Content"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isPortfolioOrganization"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Organization"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isScopeOf"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Scope"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isTopicOf"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Topic"/>
</ObjectPropertyDomain>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#describes"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#employs"/>
```

```

    <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1416576354.owl#EducationalResource"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty IRI="#evaluates"/>
    <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1416580559.owl#Unit"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty IRI="#hasAgent"/>
    <Class IRI="#Agent"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty IRI="#hasAspect"/>
    <Class IRI="#Aspect"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty IRI="#hasAssessed"/>
    <Class IRI="#Learner"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty IRI="#hasCoAssessed"/>
    <Class IRI="#Educator"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty IRI="#hasCoEvaluator"/>
    <Class IRI="#Educator"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty IRI="#hasDegree"/>
    <Class IRI="#Degree"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty IRI="#hasEvaluator"/>
    <Class IRI="#Educator"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty IRI="#hasFailure"/>
    <Class IRI="#PedagogicalPrinciples"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty IRI="#hasMoment"/>
    <Class IRI="#Moment"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty IRI="#hasRubric"/>
    <Class IRI="#Rubric"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty IRI="#hasSelfAssessed"/>
    <Class IRI="#Learner"/>
  </ObjectPropertyRange>

```

```
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#hasSelfEvaluator"/>
  <Class IRI="#Learner"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#hasSelfEvaluatorOf"/>
  <Class IRI="#SelfAssessment"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#iisAssessedIn"/>
  <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#iisEvaluatorOf"/>
  <Class IRI="#HeteroAssessment"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isAgentOf"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isAspectOf"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isCoAssessedIn"/>
  <Class IRI="#CoAssessment"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isCoEvaluatorOf"/>
  <Class IRI="#CoAssessment"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedBy"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isComposedByReactive"/>
  <Class IRI="#Reactive"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isDegreeOf"/>
  <Class IRI="#Score"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isDescribedBy"/>
  <Class IRI="http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#AssessmentMetadata"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isFailureIn"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
```

```

</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isMomentOf"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isPartOf"/>
  <Class IRI="#Activity"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isReactiveOf"/>
  <Class IRI="#Activity"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isRubricOf"/>
  <Class IRI="#Assessment"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isSelfAssessedIn"/>
  <Class IRI="#SelfAssessment"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#isUsedBy"/>
  <Class IRI="#Reactive"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty IRI="#uses"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Instrument"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isBooleanAnswerOf"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Option"/>
</ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isCitationOf"/>
  <Class
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:RestrictedEssay"/>
  </ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isCompletionAnswerOf"/>
  <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Completion"/>
  </ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>
  <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isContentOf"/>
  <Class
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:RestrictedEssay"/>
  </ObjectPropertyRange>
<ObjectPropertyRange>

```

```

    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isCorrespondenceAnswerOf"/>
    <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Correspondence"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isMechanicOf"/>
    <Class
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:RestrictedEssay"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isOptionOf"/>
    <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Choice"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isOrganizationOf"/>
    <Class
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:RestrictedEssay"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isPartOfInstrument"/>
    <Class
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:CompositeInstrument"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isPortfolioContent"/>
    <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Portfolio"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isPortfolioOrganization"/>
    <Class abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:Portfolio"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isScopeOf"/>
    <Class
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:RestrictedEssay"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <ObjectPropertyRange>
    <ObjectProperty
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:isTopicOf"/>
    <Class
abbreviatedIRI="Ontology1417521898297:RestrictedEssay"/>
  </ObjectPropertyRange>
  <FunctionalDataProperty>
    <DataProperty
abbreviatedIRI="Ontology1329480628:Description"/>

```

```

    </FunctionalDataProperty>
    <DataPropertyDomain>
      <DataProperty
abbreviatedIRI="Ontology1329480628:Description"/>
      <ObjectUnionOf>
        <Class IRI="#Activity"/>
        <Class IRI="#Reactive"/>
      </ObjectUnionOf>
    </DataPropertyDomain>
    <DataPropertyRange>
      <DataProperty
abbreviatedIRI="Ontology1329480628:Description"/>
      <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
    </DataPropertyRange>
    <AnnotationAssertion>
      <AnnotationProperty abbreviatedIRI="rdfs:comment"/>
      <IRI>#examIntroductionToDEVS_description</IRI>
      <Literal datatypeIRI="&rdf;PlainLiteral"></Literal>
    </AnnotationAssertion>
    <AnnotationAssertion>
      <AnnotationProperty IRI="#description"/>
<AbbreviatedIRI>Ontology1329480628:Description</AbbreviatedIRI>
      <Literal datatypeIRI="&rdf;PlainLiteral">Examen
teorico</Literal>
    </AnnotationAssertion>
    <AnnotationAssertion>
      <AnnotationProperty abbreviatedIRI="rdfs:comment"/>
      <IRI>http://www.owl-
ontologies.com/Ontology1391602536.owl#Context</IRI>
      <Literal datatypeIRI="&xsd;string">The principal environment
within which the assessment the use of the assessment will take
place</Literal>
    </AnnotationAssertion>
  </Ontology>

```

```

<!-- Generated by the OWL API (version 3.4.2)
http://owlapi.sourceforge.net -->

```

## BIBLIOGRAFÍA

### **(Abián, 2005)**

Abián, M. (2005). El futuro de la web. XML, RDF/RDFS, Ontologías y la Web Semántica. Versión Online. Accedido el 23/03/2013 en <http://www.javahispano.org/portada/2011/8/1/el-futuro-de-la-web.html>

### **(Abiteboul, 1995)**

Abiteboul, S; Hull, R. y Vianu, V. (1995). Datalog. Addison-Wesley

### **(Alexander y colab., 2004)**

Alexander, I., Robertson, S, “Understanding project sociology by modeling stakeholders”, IEEE Software IEEE Computer Society 21(1): pp. 23–27, 2004.

### **(Al-Khalifa y colab., 2007)**

Al-Khalifa, H., Davis, H. (2007). Replacing the Monolithic LOM: A Folksonomic Approach. Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007) 0-7695-2916-X/07 © 2007 IEEE.

### **(Allemang y colab., 2008)**

Allemang, D., Hendler, J.A. (2008). Semantic web for the working ontologist: Modeling in RDF, RDFS and OWL. Elsevier, Amsterdam.

### **(Allocca y colab., 2009)**

C. Allocca, M. D'aquin, E. Motta, “DOOR-towards a formalization of ontology relations”, Proc. Int. Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development, pp 13-20, 2009.

### **(Alsubait y colab., 2012)**

Alsubait, T.; Parsia, B.; Sattler, U. (2012). Automatic generation of analogy questions for student assessment: an Ontology-based approach. Research in Learning Technology. Supplement: ALT-C 2012 Conference Proceedings.

### **(Angelova y colab., 2004)**

Angelova, G., Kalaydjiev, O., Strupchanska, A. (2004). Domain Ontology as a Resource Providing Adaptivity in eLearning. In Proc. "On the Move to Meaningful Internet Systems 2004", OTM 2004 Workshops, Springer, Lecture Notes in Computer Science 3292, pp. 700-712.

### **(Antoniou y colab., 2008)**

Antoniou, G., van Harmelen, F. (2008). *A Semantic Web Primer*. Second Edition. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. London, England.

### **(Area y colab., 2009)**

Area, M. y Adell, J. (2009): —eLearning: Enseñar y aprender en espacios virtuales. En J. De Pablos (Coord): Tecnología Educativa. La formación del profesorado en la era de Internet. Aljibe, Málaga, pags. 391-424.

### **(Arredondo, 2002)**

Arredondo, S. “Compromiso de la evaluación educativa” Prentice Hall. Madrid. 2002.

**(Astudillo, 2011)**

Astudillo, G. (2011). Análisis del estado del arte de los objetos de aprendizaje. Revisión de su definición y sus posibilidades. Trabajo Final presentado para obtener el grado de Especialista en "Tecnología Informática Aplicada en Educación". Facultad de Informática - Universidad Nacional de La Plata. Versión Online. Accedido el 30/05/2013 en [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/4212/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/4212/Documento_completo.pdf?sequence=1)

**(Attali y colab. 2013)**

Attali, Y., Lewis, W. & Steier, M. (2013). Scoring with the Computer: Alternative procedures for improving the reliability of holistic essay scoring. *Language Testing*, 30(1), 125-141.

**(Ballejos y colab., 2008)**

Ballejos, L., Montagna, M. "Method for stakeholder identification in interorganizational environments", *Requirements Eng.* vol 13 pp. 281-297. DOI 10.1007/s00766-008-0069-1. Springer-Verlag, 2008.

**(Barberá Gregori, 2005)**

Barberá Gregori, E. (2005). Evaluación de competencias complejas: la práctica del portafolio. *Educere*, 9(031).

**(Barriopedro y colab., 2012)**

Barriopedro, E., Valiño, P., Leguía, A. Experiencias de evaluación en e-learning en la UAH. Cómo sacarle el máximo partido las plataformas virtuales. *RELADA-Revista Electrónica de ADA-Madrid Vol 6, Nro 4*, 282-290. 2012.

**(Beckett, 2004)**

Beckett, D. (2004). ★★RDF/XML syntax specification (revised)★. W3C Recommendation 10 February 2004, The World Wide Web Consortium. <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/>

**(Berliner, 1986)**

Berliner, D: In pursuit of the expert pedagogue. *Educational research* 15(7), 5-13 (1986)

**(Bernaras y col. 1996)**

Bernaras, A., Laresgoiti, I., & Corera, J. (1996). Building and Reusing Ontologies for Electrical Network Applications'. In *ECAI* (pp. 298-302). PITMAN.

**(Berners Lee y colab., 2001)**

Berners\_Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. The Semantic Web. *Scientific American*, May Issue.

**(Birkenhauer, 2008)**

Birkenhauer, M. (2008). Incorporating Process Pedagogy into Grading Student Essays. *Teaching Professor*, 22(5), 4.

**(Blanco y colab., 2001)**

Blanco, Nila C. Pellegrini, and Rosa E. Reyes Gil. "Los mapas conceptuales como herramientas didácticas en la educación científica." *Interciencia* 26.4 (2001): 144-149.

**(Bloom, 1956)**

Bloom, B., Krathwohl, D., Taxonomy of educational objectives. The classification of educational



goals by a committee of college and university examiners. Handbook 1. Cognitive domain. New York: Addison-Wesley.

**(Bolívar, 2011)**

Bolivar C.. "Pruebas de rendimiento académico" Technical report. Programa interinstitucional doctorado en educación. 2011.

**(Borst, 1997)**

Borst W. Construction of Engineering Ontologies. Centre for Telematica and Information Technology, University of Twente. Enschede, The Netherlands.

**(Bray y colab., 2008)**

Bray, Tim; Paoli, Jean; Sperberg-McQueen, C. M.; Maler, Eve y Yergeau, François (2008). **Extensible markup language (XML) 1.0 (fifth edition)** W3C Recommendation 26 November 2008, The World Wide Web Consortium. <http://www.w3.org/TR/2008/REC-xml-20081126/>

**(Brusa, 2007)**

Brusa Graciela M. Interoperabilidad Semántica en los Sistemas de Información de Gobierno. 1ª. Ed. ISBN 978-987-05-2258-4.

**(Cakula y colab., 2013)**

Cakula, S.; Salem, A-B. (2013). E-learning developing using ontological engineering. WSEAS Transactions on Information Science and Applications, vol. 1, no. 1, pp. 14–25, 2013.

**(Castellanos-Nieves, 2011)**

Castellanos-Nieves, D., Fernandez-Breis, J., Valencia-Garcia, R., Martinez-Bejar, R. Semantic Web Technologies for supporting learning assessment. Journal Information Science an International Journal archive. Volume 181, Issue 9, May 2011. Elsevier.

**(Castillo, 2006)**

Castillo, R. Q. (2006). Evaluación del aprendizaje en la educación a distancia "en línea". RED. Revista de Educación a Distancia, (OVI).

**(Chacón, 1994)**

Chacón, F. (1994). Un modelo de evaluación de los aprendizajes en educación a distancia. Conferencia magistral de la Primera Reunión Latinoamericana a Distancia de Educación Superior Abierta y a Distancia

**(Chan y colab., 2009)**

Chan T., Chen, Y., "Cooperative learning in E-learning: A peer assessment of student-centered using consistent fuzzy preference", Expert system with application. Elsevier Vol 36(4), pp. 8342–8349, 2009.

**(Chang y colab., 2013)**

Chang, C., Liang, C. & Chen, Y. H. (2013). Is Learner Self-assessment Reliable and Valid in a Web-based Portfolio Environment for High School Students? Computers & Education, 60(1), 325-334.

**(Chen y colab., 2012)**

Chen, B.; Yu Lee, C.; Tsai, I-C. (2012). "Ontology-Based e-Learning System for Personalized Learning". *International Journal of Innovation, Management and Technology*. Vol. 3, Nº 4, August 2012.

**(Chenti-Belcadhi, C. y colab., 2004)**

Chenti-Belcadhi, L. Henze, N., Rafik-Braham., "An assessment Framework for eLearning in the Semantic Web", *Proceedings of the Twelfth GI-Workshop on Adaptation and User Modeling in interactive Systems (ABIS 04)*.

**(Chiappe y colab., 2007)**

Chiappe, A.; Segovia, Y.; Rincon, H. (2007). "Toward an Instructional design model based on learning objects". Accedido el 30 de mayo de 2013 en [http://www.researchgate.net/publication/226960444\\_Toward\\_an\\_instructional\\_design\\_model\\_based\\_on\\_learning\\_objects/file/9fcfd50f42b0fa633e.pdf](http://www.researchgate.net/publication/226960444_Toward_an_instructional_design_model_based_on_learning_objects/file/9fcfd50f42b0fa633e.pdf)

**(Chung y colab., 2003)**

Chung, G., Niami, D., BewLey, W. *Assessment Applications of Ontologies*. 23 p. Annual Meeting of the American Educational Research Association. 2003.

**(Churches, 2009)**

Churches, A. (2009). *Taxonomía de Bloom para la era digital*. Eduteka. Online: <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomDigital.php>.

**(Codina y colab., 2006)**

Codina, L.; Rovira, C. (2006) *La Web Semántica*. Versión Online. Accedida el 25/10/2011 en [http://eprints.rclis.org/8899/1/web\\_semantica\\_.pdf](http://eprints.rclis.org/8899/1/web_semantica_.pdf)

**(Cooper y colab., 2009)**

Cooper, B. S. & Gargan, A. (2009). Rubrics in Education. *Phi Delta Kappan*, 91(1), 54-55.

**(Corcho y colab., 2002)**

Corcho O., Fernández-López, M ,Gómez-Pérez, A. Vicente O (2002). WebODE: an Integrated Workbench for Ontology Representation, Reasoning and Exchange. In: Gómez-Pérez A, Benjamín VR editores 13 International Conference on Knowledge engineering and Knowledge Management. Spain. *Lecture Notes in Artificial Intelligence LNAI 2473*. Springer-Verlang, pp 138-153.

**(Corcho y colab., 2003)**

Corcho O., Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M. Methodologies, tools and languages for building ontologies: where is their meeting point?. *Data & Knowledge Engineering*. Volume 46 , Issue 1. Pp: 41 – 64. ISSN:0169-023X . Elsevier.

**(Cristea y colab., 2003)**

V. Cristea, S. Trausan-Matu, O, Udrea. Sintec elearning collaborative environment. *Proceedings of CSCS14*, vol. 2, pp.63-67. oan Dumitrache (ed.). 2003.

**(Cubric y colab., 2010)**

Cubric, M., M & Tomic , M 2010. "Towards automatic generation of e-assessment using semantic web technologies". In: *Proceedings of the 2010 International Computer Assisted Assessment Conference*, Jul , vol 2010 .

**(Cubric y colab., 2010a)**

Cubric, M., Tosić, M., "Achieving maturity: The state of practice in ontology engineering in 2009", International Computer Assisted Assessment Conference, Springer, ISBN 978-3-642-05150-0, 2010.

**(Díaz, 2012)**

Díaz, Y. (2012). La Web Semántica y sus Ontologías. Inteligencia Artificial. Hackers & Developers Magazine. Año 0 N° 0. Versión Online accedida el 18/11/2012 en <http://www.hdmagazine.org>

**(Díaz y colab., 2011)**

Díaz, A., Motz, R., & Rohrer, E. (2011). Making ontology relationships explicit in a ontology network. In V Alberto Mendelzon International Workshop on Foundations of Data Management (AWM 2011), Santiago, Chile.

**(Díaz y colab., 2012)**

Díaz, A., Motz, R., Rohrer, E., and Tansini, L. "An Ontology Network for Educational Recommender Systems". Educational recommender systems and technologies. Practics and challenges. IGI Global, 2012, Chapter 4, pp. 67-93.

**(Dolog y colab., 2004)**

Dolog, P., Henza, N., Nejdl, W. Personalization in Distributed e-Learning Environments. International World Wide Web Conference. Proceedings of the 13th international World Wide Web conference on Alternate track papers & posters. New York, NY, USA. Sesión: Student tracking and personalization. Pp.: 170 – 179. ISBN:1-58113-912-8. ACM Press. New York, NY, USA.

**(Doran, 2006)**

Doran, P. (2006). Ontology reuse via ontology modularisation. In KnowledgeWeb PhD Symposium (Vol. 2006).

**(Ebel, 1977)**

Ebel, Robert (1977). Fundamentos de la Medición Educacional, Editorial Guadalupe, Buenos Aires (1977).

**(Elis y colab. 2006)**

Ellis, R., Hubble, T., Applebee, A., Peat, M. Perspectives of stakeholders on eLearning in science education at university. Proceedings of The 23rd Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education ASCILITE Who's Learning? Whose Technology? 2006.

**(Elsayed y colab., 2013)**

Elsayed, E.; Eldahshan, K.; Tawfeek, S. (2013). Automatic evaluation technique for certain types of open questions in semantic learning systems. Human-centric Computing and Information Sciences 2013, 3:19.

**(Euzenat, 2007)**

Euzenat, J., Shvaiko, P. (2007). Ontology matching. Springer-Verlag Berlín ISBN 978-3-540-49611-3.

**(Farrús y colab., 2013)**

Farrús, M.; Costa-Jussà, M. (2013). Automatic Evaluation for E-Learning Using Latent Semantic

Analysis: A Use Case. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*. Vol. 14, n. 1, p. 239-254, marzo 2013. ISSN 1492-3831.

**(Fernández-Breis, J., 2011)**

Fernández-Breis, J., Frutos-Morales, F., Gil, A., Castellanos-Nieves, D., Valencia-García, R., García-Sánchez, F., Sánchez-Vera, M., "Recommendation of Personalized Learning Contents Supported by Semantic Web Technologies", Springer, 4th World Summit on the Knowledge Society, WSKS 2011, pp 540-545, Mykonos, Greece, September 21-23, 2011.

**(Fernández-López, 1999)**

Fernández-López, M. (1999). Overview of Methodologies for Building Ontologies. En: IJCAI99 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods: Lessons Learned and Future Trends, Stockholm.

**(Frutos-Morales y colab., 2010)**

Frutos-Morales, F., Sanchez-Vera, M., Castellanos-Nieves, D., Esteban-Gil, A., Cruz-Corona, C., Prendes- Espinosa, M. & Fernandez-Breis, J. (2010). An extension of the OeLE platform for generating semantic feedback for students and teachers. *Procedia. Social and behavioral sciences*. Elsevier Ltd. Volume 2, (2), Pp. 527–531.

**(Gama, 2005)**

Gama, J., Gomes de Olivera, Z., da Silva, E. *La evaluación del aprendizaje en los programas de educación a la distancia: Construcción de procesos y alcance de calidad*. Universidade do Estado de Rio de Janeiro. Etic@net .ISSN: 1695-324X. Año II Número 4.

**(García-Beltrán, 2006)**

García-Beltrán, A., et al. "La autoevaluación como actividad docente en entornos virtuales de aprendizaje/enseñanza." *Revista de Educación a Distancia* 5.6 (2006): 15.

**(Giorgetti, 2011)**

Giorgetti, C., Romero L., Vera, M. *Conceptualizando un modelo de evaluación apropiado para una carrera innovadora en EaD*. XIV Encuentro de la Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia (AIESAD), Logros y Desafíos de la Educación Superior a Distancia: Inclusión e Innovación en el Espacio Iberoamericano del Conocimiento. UTPL, Loja, Ecuador. 2011.

**(Giorgetti, 2010a)**

Giorgetti, C., Romero L., Vera, M. Generar un Modelo de Calidad adecuado para el Área de Educación a Distancia de FICH – UNL. Tercer Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación a Distancia. Eduqa2010.2010.

**(Giorgetti, 2010b)**

Giorgetti, C., Romero L., Vera, M. Estudio Comparativo de Modelos de Evaluación de la Calidad para ESaD. Tercer Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación a Distancia. Eduqa2010. 2010.

**(Gladun y colab., 2009)**

A. Gladun, J. Rogushina, F. García-Sánchez, R. Martínez-Béjar, J. Fernández-Breis, "An application of intelligent techniques and semantic web technologies in e-learning environments", *Expert Systems with Applications*, Elsevier, 36, pp, 1922–193, 2009.

**(Gómez Pérez. 1996)**

Gómez-Pérez, A. (1996). Towards a framework to verify knowledge sharing technology. *Expert Systems with Applications*, 11(4), 519-529.

**(Gómez Pérez. 1999)**

Gómez-Pérez, A. (1999). Evaluation of taxonomic knowledge in ontologies and knowledge bases.

**(Gómez-Pérez y colab., 2004)**

Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., Corcho, O. (2004). *Ontological Engineering with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. Springer. 2004.

**(Gómez-Pérez y colab., 2008)**

Gómez-Pérez, A., Suárez de Figueroa Baonza, M. C., & Villazón, B. (2008). Neon methodology for building ontology networks: Ontology specification. *Methodology*, 1-18.

**(Govindasamy,2001)**

Govindasamy, T. (2001). Successful implementation of e-learning: Pedagogical considerations. *The Internet and Higher Education*, 4(3), 287-299.

**(Gregori y colab., 2005)**

Gregori, E. B., & Badia, A. (2005). Hacia el aula virtual: actividades de enseñanza y aprendizaje en la red. *Revista Iberoamericana de Educación*,36(9), 5.

**(Gruber, 1993)**

Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.

**(Gruber, 1995)**

Gruber, T. R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing?. *International journal of human-computer studies*, 43(5), 907-928.

**(Grüninger y colab., 1995)**

Grüninger, M. Fox, M. S. (1995). Methodology for the design and evaluation of ontologies. *Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing*.

**(Guardia Ortiz, 2005)**

Guàrdia Ortiz, L., Sangrà Morer, A. Red Diseño instruccional y objetos de aprendizaje; hacia un modelo para el diseño de actividades de evaluación del aprendizaje online. *Revista de educación a distancia*, julio, año/vol. IV, número monográfico OIV. Universidad de Murcia. (2005).

**(Haase y colab., 2006)**

Haase P., Rudolph S., Wang Y., Palma R., Euzenat J., d'Aquin M. NeOn D1.1.1. Networked Ontology Model. NeOn Project. (2006).

**(Halyang y colab.- 2011)**

Halyang Jia, Minhong Wang, Weijia Ran, Stephen J.H. Yang Jian Liao, Dickson K.W. Chiu. Design of a performance oriented workplace e-learning system using ontology. *Expert systems with*

applications. Volume 38. Issue 4. april 2011. Pages 3372-3382.

**(Harris y colab. 2013)**

Harris, S., & Seaborne, A. SPARQL 1.1 Query Language. W3C Recommendation (2013).

**(Heinrich y colab., 2009)**

Heinrich, E., Milne, J., Moore, M. *An Investigation into E-Tool Use for Formative Assignment Assessment – Status and Recommendations*. E-learning tolos. Educational Technology & Society (2009). Volume: 12, Issue: 4, Publisher: International Forum of Educational Technology & Society, Paginas: 176-192. ISSN: 14364522

**(Hoang y colab., 2013)**

Hoang, L.; Arch-Int, N. (2013). Assessment of Open-Ended Questions using a Multidimensional Approach for the Interaction and Collaboration of Learners in E-Learning Environments. Journal of Universal Computer Science, Vol. 19, Nro. 7 (2013), 932-949.

**(Holohan y colab., 2006)**

Holohan, Edmond and Melia, Mark and McMullen, Declan and Pahl, Claus (2006) *The generation of e-learning exercise problems from subject ontologies*. In: ICAIT 2006 - 6th International Conference on Advanced Learning Technologies, 5-7 July 2006, Kerkrade, The Netherlands. ISBN 0-7695-2632-2

**(Horrocks y cola., 2004)**

Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., Boley, H., Tabet, S., Grosz, B., & Dean, M. (2004). SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML. W3C Member submission, 21, 79.

**(Hsu, 2012)**

Hsu, I-C. (2012). Intelligent Discovery for Learning Objects Using Semantic Web Technologies. Educational Technology & Society, 15 (1), 298-312.

**(IEEE, 2002)**

IEEE Standard for Learning Object Metadata. Learning Technology Standards Committee of the IEEE Computer Society. 1484.12.1-2002.

**(Izard, 2010)**

Izard, J. Overview of test construction. UNESCO International Institute for Educational Planning. (2011). Recuperado de: <http://www.iiep.unesco.org>.

**(Jokela, 2001)**

Jokela, S. (2001). Metadata Enhanced Content Management in Media Companies. Acta Polytechnica Scandinavica. Mathematics and Computing Series No. 114. Helsinki University of Technology: Doctoral thesis.

**(Kablan, 2010)**

Kablan, Z. (2010). The Effect of Using Exercise-based Computer Games during the Process of Learning on Academic Achievement among Education Majors. Educational Sciences: Theory & Practice, 10(1), 351-364.

**(Kiu y colab., 2006)**

Kiu, C.-C., & Lee, C.-S. (2006). Ontology Mapping and Merging through OntoDNA for Learning

Object Reusability. *Educational Technology & Society*, 9 (3), 27-42.

**(Knight y colab., 2006)**

Knight, C.; Gasevic, D.; Richards, G. (2006). An Ontology-Based Framework for Bridging Learning Design and Learning Content. *Educational Technology & Society*, 9 (1), 23-37.

**(Landauer y colab., 2003)**

Landauer, T. K., Laham, D. & Foltz, P. (2003). Automatic Essay Assessment. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 10(3), 295-308.

**(Lassila y colab., 1999)**

Lassila, O., Swick R (1999). Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification. W3C Recommendation. <http://w3.org>

**(Lin y colab., 2011)**

Lin, H.-s.; Hong, Z.-R.; Wang, H.-H.; Lee, S.-T. (2011). Using Reflective Peer Assessment to Promote Students' Conceptual Understanding through Asynchronous Discussions. *Educational Technology & Society*, 14 (3), 178–189.

**(Liu y colab., 2010)**

Liu, M.-C.; Wang, J.-Y. (2010). Investigating Knowledge Integration in Web-based Thematic Learning Using Concept Mapping Assessment. *Educational Technology & Society*, 13 (2), 25–39.

**(LOM, 2002)**

Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE 1484.12.1-2002, 15 July 2002. Consultada 31/10/2011. Disponible en: <http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOMv4.1.htm>, [http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf)

**(López Frías, 2001)**

Blanca Silvia López Frías, Elsa María Hinojosa Kleen. Evaluación del aprendizaje. Alternativas y nuevos desarrollos. Editorial Trillas (Universidad Virtual ITESM) México D. F. 2001 p14.

**(Lozano y colab., 2013)**

Lozano, A., Caliusco, L., Rico, M. Reingeniería y enriquecimiento de ontologías generadas automáticamente a partir de una base de datos. CONAISI 2013. 1er Congreso Nacional de Ingeniería Informática/ Sistemas de Información. Córdoba. 2013.

**(Luo y colab., 2006)**

Luo, J., Li, W., Cao, J.. Integrating Heterogeneous E-learning Systems. *Telecommunications*, 2006. AICT-ICIW apos;06. International Conference on Internet and Web Applications and Services/Advanced International Conference. volume , Issue , 19-25 Feb. 2006 pp: 9 – 9. 10.1109/AICT-ICIW.2006.115.

**(Maedche, 2002)**

Maedche, A. (2002). *Ontology Learning for the Semantic Web*. Kluwer Academic Publishers. National information standards organization. (2013). The Dublin core metadata element set. ISSN 1041-5635.

**(Mason y colab., 2003)**

Mason, R., Weller, M., & Pegler, C. (2003). Learning in the Connected Economy. Londres: Open University.

**(McClelland, 2003)**

McClelland, M. (2003). Metadata standards for educational resources. *Computer*, 36(11), 107-109.

**(McCusker y colab., 2013)**

McCusker, K.A.; Harkin, J.; Wilson, S.; Callaghan, M. (2013) "Intelligent assessment and content personalisation in adaptive educational systems," *Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, 2013 International Conference on , vol., no., pp.1,7, 10-12 Oct. 2013. IEEE.

**(Mc Guinness, 2001)**

Mc Guinness D., Lassila O. (2001). The Role of Frame-Based Representation on the Semantic Web. Technical report. KSL-01-02. Stanford University.

**(Mc Guinness, 2003)**

McGuinness D. (2003). Ontologies Come of Age. In Fensel D., im Hendler J., Liberman H., Wahlster W., editors. *Spinning the Semantic Web: Bringing the World Wide Web to its Fulkl Potential*. MIT Press.

**(McNamara y colab., 2010)**

McNamara, D. S., Crossley, S. A. & McCarthy, P. M. (2010). Linguistic Features of Writing Quality. *Written Communication*, 27(1), 57-86.

**(Medina-López, 2010)**

Medina-López, C., Marín-García, J. y Alfalla-Luque, R. (2010). Una propuesta Metodológica para la Realización de Búsquedas Sistemáticas de Bibliografía. *Working Papers on Operations Managment*, Vol.1, Nº2(13-30).

**(Millard y colab., 2005)**

Millard, D., Howard, Y., Bailey, C., Davis, H., Gilbert, L., Jeyes, S., Price, J., Sclater, N., Sherratt, R., Tulloch, I., Willis, G., Young, R. (2005). Mapping the e.Learning Assessment Domain: Concept Maps for orientation and Navigation. *Proceedings of e-Learn 2005*, Vancouver, Canada.

**(Miller, 2000)**

Miller P (2000) Interoperability - What is it and Why should I want it?, *Ariadne Issue 24*, <http://www.ariadne.ac.uk/issue24/interoperability/intro.html>

**(Miranda y colab., 2013)**

Miranda, S.; Mangione, G.R.; Orciuoli, F.; Gaeta, M.; Loia, V., "Automatic generation of assessment objects and Remedial Works for MOOCs," *Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, 2013 International Conference on , vol., no., pp.1,8, 10-12 Oct. 2013. IEEE.

**(Mödritsche y colab., 2006)**

Mödritscher, F., Spiel, S. & Garcia-Barrios, V.M. (2006). *Assessment in E-Learning Environments*:



*A Comparison of three Methods*. In C. Crawford et al. (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2006* (pp. 108-113). Chesapeake, VA: AACE.

**(Monteiro y colab., 2012)**

Monteiro, M.Lobato Miranda, G. "Validation of the Electronic Portfolio Student Perspective Instrument. *Sistemas y Tecnologías de Información*". *Actas de la 7ma Conferencia Ibérica de Información*. Madrid, España. 20 al 23 de junio 2012. Vol. I. Tomo 1. Alvaro Rocha, José A. Calvo-Manzano, Luis Paulo Reis, Manuel Pérez Cota Editores. ISBN 978-989-96247-6-4.

**(Morgan y colab., 1999)**

Morgan, CH. y O'Reilly, M. (1999). *Assessing open and distance learners*. London: Kogan y Page. 20-42

**(Motik y colab., 2009)**

Motik, B., Patel-Schneider, P. F., Parsia, B., Bock, C., Fokoue, A., Haase, P., ... & Smith, M. (2009). Owl 2 web ontology language: Structural specification and functional-style syntax. *W3C recommendation*, 27(65), 159.

**(Neches y colab., 1991)**

Neches, R., Fikes, R. E., Finin, T., Gruber, T., Patil, R., Senator, T., & Swartout, W. R. (1991). Enabling technology for knowledge sharing. *AI magazine*, 12(3), 36.

**(Naharro y colab., 2007)**

Naharro, S.; Bonet, P.; Cáceres, P.; Fargueta, F.; García, E. (2007). Los objetos de aprendizaje como recurso de calidad para la docencia: criterios de validación de objetos en la Universidad Politécnica de Valencia. *IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Contenidos Educativos Reutilizables (SPDECE 2007)*.

**(Namakforoosh, 2007)**

Namakforoosh, M. N. *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION./MOHAMMAD NAGHI, NAMAKFOROOSH..(2007)*.

**(Navarrete y colab., 2011)**

Navarrete, T.; Santos, P.; Hernández-Leo, D.; Blat, J. (2011). QTIMaps: A Model to Enable Web Maps in Assessment. *Educational Technology & Society*, 14 (3), 203–217.

**(Neal y colab., 2003)**

Neal, L., Korman, K. e-learning SIG. CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems *Proceeding of ACM*. ISBN:1-58113-637-4. 2003.

**(Novak y colab., 1988)**

NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B., 1988. *Aprendiendo a Aprender*. Martínez Roca: Barcelona.

**(Noy y colab., 2000)**

Noy N, Ferguson R, Musen A. (2000). The knowledge model of Protégé-2000: combining interoperability and flexibility, In R. Dieng and O. Corby, editors, *Proc. of the 12th EKAW, LNAI*, pages 17–32. France. Springer.

**(O'Connor y colab., 2007)**

O'Connor, M. Knublauch, H., Tu, S. & Musen M.: Writing rules for the semantic web using SWRL and Jess. In: Proceedings in the 8th International Protégé Conference, Protégé with rules Workshop, 2005.

**(O'Connor y colab., 2009)**

O'Connor, M. and Das, A. "SQWRL: a query language for OWL". Proc. 6th workshop OWL: experiences and directions. 2009.

**(Olfos y colab., 2007)**

Olfos, R.; Zulantay, H. (2007). Reliability and Validity of Authentic Assessment in a Web Based Course. *Educational Technology & Society*, 10 (4), 156-173.

**(Ontoria, 1992):**

Ontorio, A y otros (1992) Mapas conceptuales. Una técnica para aprender Madrid: Narcea.

**(Oukusel y colab., 1999)**

Ouksel, A. Sheth, A. (1999). Semantic Interoperability in Global Informatio Systems. A brief introduction to the research area and the special section. Volume 28 , Issue 1. Pp: 5 - 12 . ACM.

**(Özaca y colab., 2011)**

Özacar, T., Öztürk, Ö., & Ünalır, M. O. (2011). ANEMONE: An environment for modular ontology development. *Data & Knowledge Engineering*, 70(6), 504-526.

**(Paralič y colab., 2013)**

*Paralič, J.; Furdík, K.; Paralič, M.; Bednár, P.; Butka, P.; Wagner, J. (2013). The Design of Ontologies and Processes Supporting Selected Educational IT Services". (SAMI,2013). IEEE 11th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, pp.175,180, Jan. 31 2013-Feb. 2 2013.*

**(Poveda-Villalón y colab., 2012)**

*Poveda-Villalón, M., Suárez-Figueroa, M. C., & Gómez-Pérez, A. (2012). Validating ontologies with oops!. In Knowledge Engineering and Knowledge Management (pp. 267-281). Springer Berlin Heidelberg.*

**(Pei-Cien, 2008)**

Pei-Chen Sun, Ray J. Tsai, Glenn Finger, Yueh-Yang Chen, Dowming Yeh. "What drives a successful e-Learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction" *Computer and education*. Elsevier, Vol 50, Pp 1183-1202, 2008

**(Peñalvo, 2004)**

Peñalvo, F. Web Semántica y Ontologías. En Tendencias actuales en desarrollos de aplicaciones Web. Universidad de Salamanca. 2004

**(Pöyry y colab., 2002)**

Pöyry P., Kirsi Pelto-Aho, Puustjärvi J. (2002). The Role of Metadata in the CUBER System. Proceedings of the 2002 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on Enablement through technology. South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists

**(Pressman, 2010)**

Pressman, R. S. "Software Engineering: A Practitioner's Approach, 1996." ISBN 978-0'07-337597-7. Mc Graw Hill. 2010.

**(Prud'Hommeaux, 2008)**

Prud'Hommeaux, E., & Seaborne, A. (2008). SPARQL query language for RDF.W3C recommendation, 15.

**(Ramírez Vega y colab., 2012)**

Ramírez Vega A., Fallas Hidalgo, M., Chacón Rivas, M. "Motor de Juegos para la creación de evaluaciones en e'learning". Actas de la 7ma Conferencia Ibérica de Información. Madrid, España. 20 al 23 de junio 2012. Vol. I. Tomo 2. Alvaro Rocha, José A. Calvo-Manzano, Luis Paulo Reis, Manuel Pérez Cota Editores. ISBN 978-989-96247-6-4.

**(Read y colab., 2005)**

Read, B., Francis, B. & Robson, J. (2005). Gender, 'Bias', Assessment and Feedback: Analyzing the written assessment of undergraduate history essays. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 30(3), 241-260.

**(Rector, 2003)**

Rector, A. L. (2003, October). Modularisation of domain ontologies implemented in description logics and related formalisms including OWL. In *Proceedings of the 2nd international conference on Knowledge capture* (pp. 121-128). ACM.

**(Redenkovic y colab., 2009)**

Redenkovic, S., Krdzavac, N., Devedzic, V. An assessment system on the semantic web. *Annals of information systems*. 6. 2009, pages 177-200.

**(Rius y colab., 2013)**

Rius, A.; Conesa J.; García-Barriocanal, E.; Sicilia, M. (2013). Automating educational processes implementation by means of an ontological framework. *Computer Standards & Interfaces*. Versión Online <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920548913000822>.

**(Romero, 2006)**

Romero, L., Leone, H. Sistema de Evaluación para una Web educativa. CD Memorias del IV Seminario Internacional y II Encuentro Nacional de Educación a Distancia. RUEDA, Red Universitaria de Educación a Distancia.

**(Romero, 2006a)**

Romero, L., Vera, M., Leone, H. Sistema Web Tutorial como soporte para la enseñanza de Paradigmas de Programación en la carrera Ingeniería en Sistemas de Información. Memorias del I Congreso de tecnología en educación y educación en tecnología.

**(Romero, 2007)**

Romero, L., Leone, H. An Ontology on Learning Assessment Domain. Novas perspectivas em sistemas e tecnologias de informação. Actas de la 2da Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información. Volumen II. Ediciones Universidade Fernando Pessoa. Publicado con apoyo de Microsoft. Pags.: 137-148.

**(Romero, 2007a)**

Romero, L., Leone, H. Una Ontología para el Dominio de Evaluación del Aprendizaje. Martín Llamas Nistal, Carlos Vaz de Carvalho, y Carlos Rueda Artunduaga, editores. TICAI2007: TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería. ISBN 978-84-8158-380-9 Pags.:17-24 ©IEEE, Sociedad de Educación: Capítulos Español, Portugués y Colombiano.

**(Romero, 2010)**

Sistema de Evaluación del proceso Enseñanza Aprendizaje en Ambientes Web. 232 páginas. Argentina, 2010. ISBN: 978-987-05-8410-0.

**(Romero y colab., 2010)**

Romero, L, Godoy J. *Una Ontología para la Definición Semántica de Objetos de Aprendizaje*. CISTI 2010. Sistemas y Tecnologías de Información. Actas de la 5ª Conferencia Ibérica de Sistemas y tecnologías de Información Santiago de Compostela, España. 16 al 19 de Junio de 2010. AISTI | GIS-T | USC. Editores Álvaro Rocha Carlos Ferrás Sexto Luís Paulo Reis Manuel Pérez Cota. EDIÇÕES ISBN: 978-989-96247-3-3. Vol. I. Pp. 420-426.

**(Romero y colab., 2012)**

Romero, L. Gutiérrez, M., Caliusco M. L. (2012). Conceptualizing the e-Learning Assessment Domain using an Ontology Network. International journal of Intelligent Systems and Interactive multimedia. Vol 1(6). Pag. 20-28.

**(Romero y colab., 2012a)**

Romero, L., Gutiérrez, M., Caliusco, L. (2012). EAOnto:A Heavyweight Ontology for Supporting e-Assessment Generation. Anales CACIC 2012. Bahía Blanca, Argentina del 8 al 12 de Octubre. Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. ID 4882, ISBN: 978-987-1648-34-4, AA: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/23692>

**(Romero y colab., 2013)**

Romero, L., Gutiérrez, M., Caliusco, M. (2013). A Conceptualization of e-Assessment domain. Anales CISTI 2013. Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información. Pp 710 – 715 Vol I(2) ISBN 978-989-96247-9-5.

**(Romero y colab., 2014)**

Romero, L. Gutiérrez M., Caliusco M., Towards semantically enriched e-learning assessment. Ontology-based description of Learning Objects. ICALT 2014 (core B). The 14th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies - Advanced Technologies for Supporting Open Access to Formal and Informal Learning. Atenas, Grecia del 7 al 9 de julio 2014. Proceeding incluido en top-20 at Scholar Google Educational Technology lista de impacto #19. IEEE Computer Society. 978-1-4799-4038-7/14 \$31.00 © 2014 IEEE. DOI 10.1109/ICALT.2014.236.

**(Romero y colab., 2014a)**

Romero, L., Ballejos, L., Gutiérrez, M., Caliusco, L. Stakeholder's analysis in e-learning software process development. European alliance for innovation (en evaluación)

**(Romero y colab., 2014b)**

Romero, L.; Gutiérrez, M.; Caliusco, M. (2014). Análisis de interesados en el desarrollo de proyectos de software para e-learning en contextos universitarios. Anales CISTI 2014

Barcelona, España, 18 al 21 junio, pg. 1-6 IEEE DOI: 10.1109/CISTI.2014.6876874  
<http://www.aisti.eu/cisti2014/index.php/es/proceedings>.

**(Rubio, 2003)**

Rubio, M. J. (2003). Enfoques y modelos de evaluación del e-learning. RELIEVE, v. 9, n. 2. Versión Online.

**(Rupere y colab., 2013)**

Rupere, T.; Chaka, P.; Zanamwe, N.; Mavhemwa, P. (2013). An Evaluation of Language Ontology Web Based Assessment System. International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE) Vol. 2, No. 3, September 2013.

**(Sanchez Vera y colab., 2012)**

Sánchez Vera, M., Fernandez-Breis, J., Castellanos Nieves, D., Frutos Morales, F., Prendesa Espinoza, M., Semantic web technologies for generating feedback in online assessment environments, Knowledge based systems volume 33, september 2012, pages 152-165.

**(Santos, 2004)**

Santos, J., Llamas, M., Anido, L., Freire, A., Lojo, C. (2004). ELEARNING-ONT: Ontología para servicios de intermediación en el dominio del E-learning. Congreso Iberoamericano de Informática Educativa. Monterrey, México.

**(Scalise y colab., 2006)**

Scalise, K., Gifford, B., "Computer-Based Assessment in E-Learning: A framework for Constructing "Intermediate Constraint" Questions and Tasks for Technology Plataforms", The Journal of Technology, Learning and Assessment. A Publication of the Technology and Assessment Study Collaborative Caroline A. & Peter S. Lynch School of Education, Boston Colege. Volumen 4, número 6. ISSN 1540-2525. 2006.

**(Scoreanzi y colab., 2014)**

Scoreanzi, A., Romero, L. Análisis bibliográfico de la aplicación de las ontologías en al ámbito del e-learning proponiendo en Framework para la definición semántica en el área evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje. Congreso sobre Tecnología en Educación & Educación en Tecnología (La Rioja, 2014). Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI). ISBN: 978-987-24611-1-9. p. 2-11.

**(Scorm, 2003)**

Scorm, 2003. Best Practices Guide for Content Developers. 1st edition. Carnegie Mellon. Learning Systems Architecture Lab. 2003-02-28.

**(Shermis y colab., 2001)**

Shermis, M. D., Mzumara, H. R., Olson, J. & Harrington, S. (2001). On-line Grading of Student Essays: PEG goes on the World Wide Web. Assessment & Evaluation in Higher Education, 26(3), 247-259.

**(Shermis y colab., 2008)**

Shermis, M. D., Shneyderman, A., & Attali, Y. (2008). How Important is Content in the Ratings of Essay Assessments? Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 15(1), 91-105.

**(Sheth, 1998)**

Sheth A. (1998). Changing Focus on Interoperability in Information Systems, Syntax, Structure to Semantics. Interoperating Geographic Information Systems. M F Goodchild, M J Egenhofer, R Fgeas and C A Kottman (eds). Kluwer.

**(Silveira y colab., 2004)**

Silveira, R. A., Gomes, E. R., Pinto, V. H., & Vicari, R. M. (2004, January). Intelligent learning objects: An agent based approach of learning objects. In Intelligent Tutoring Systems (pp. 886-888). Springer Berlin Heidelberg.

**(Stojanovic y colab., 2001)**

Stojanovic, L., Staab, S., Stuber, R. (2001). ELearning based on the Semantic Web. University of Karlsruhe. Alemania.

**(Stutt,2004)**

Stutt, A., Motta, E. (2004). Semantic Learning Webs. Journal of Interactive Media in Education (1). ISSN 1365-893X.

**(Sommerville, 2011)**

Sommerville, I. Software Engineering. 9th edition. Pearson, 2011. ISBN0137053460, 9780137053469. 773 páginas.

**(Soto y colab., 2006)**

Soto, M., Ocampo, A., & Münch, J. (2009). Analyzing a software process model repository for understanding model evolution. In Trustworthy Software Development Processes (pp. 377-388). Springer Berlin Heidelberg.

**(Suárez-Figueroa, 2010)**

Suárez-Figueroa, M. C. "NeOn Methodology for Building Ontology Networks: Specification, Scheduling and Reuse ". Thesis Doctoral, Facultad de Informática - Universidad Politécnica de Madrid. 2010.

**(Suárez-Figueroa y colab., 2009a)**

Suarez-Figueroa, M. C., Blomqvist, E., d'Aquin, M., Espinoza, M., Gomez-Perez, A., Lewen, H., Mozetic, I, Dzbor, M. (2009). Revision and extension of the NeOn Methodology for building contextualized ontology networks. Deliverable D5, 4.

**(Suárez-Figueroa y colab., 2009b)**

Suárez-Figueroa, M. C., Gómez-Pérez, A., & Villazón-Terrazas, B. (2009). How to write and use the Ontology Requirements Specification Document. In On the move to meaningful internet systems: OTM 2009 (pp. 966-982). Springer Berlin Heidelberg.

**(Suárez-Figueroa y colab., 2008a)**

Suárez-Figueroa, M. C., Gómez-Pérez, A. (2008) Towards a Glossary of Activities in the Ontology Engineering Field. In: The 6th Language Resources and Evaluation Conference, May 28-May 30, 2008, Marrakech, MOROCCO.

**(Suárez-Figueroa y colab., 2008b)**

Suarez-Figueroa, M. C., & Gomez-Perez, A. (2008). First attempt towards a standard glossary of ontology engineering terminology.

**(Soubirón y colab., 2006)**

Soubirón, Emy, and Soledad Camarano. "Diseño de Pruebas Objetivas." (2006).

**(Sun y colab., 2008)**

Sun, P., Tsai, R., Finger, G., Chen, Y. & Yeh, D. What drives a successful e-Learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction. *Computer and education*. Elsevier. Pp 1183-1202 Vol 50. 2008.

**(Stutt,2004)**

Stutt, A., Motta, E. (2004). Semantic Learning Webs. *Journal of Interactive Media in Education* (1). ISSN 1365-893X.

**(Staab y colab. 2001)**

Staab, S., Studer, R., Schnurr, H. P., & Sure, Y. (2001). Knowledge processes and ontologies. *IEEE Intelligent systems*, 16(1), 26-34.

**(Swartout y colab., 1996)**

Swartout, B., Patil, R., Knight, K., & Russ, T. (1997). Towards Distributed Use of Large Scale Ontologies', Paper presented at the Symposium on Ontological Engineering of AAI, Stanford California.

**(Tenutto, 2000)**

Tenutto, M.(2000). Herramientas de evaluación en el aula. Buenos Aires: Editorial Magisterio del Río de la Plata. 2ª Edición.

**(Torres Arias y colab., 2010)**

Torres Arias, R. Evaluación Diagnostica. Ministerio de Educación Pública. Dirección de Desarrollo curricular. Departamento de Evaluación de los Aprendizajes. 2010.

**(Thumond y colab., 2002)**

Thurmond, V., Wambach, K. & Connors, H. (2002). Evaluation of student satisfaction: determining the impact of a web-based environment by controlling for student characteristics. *The American Journal of Distance Education*, 16(3), 169–189.

**(Uschold, 2003)**

Uschold M. (2003). Where are the Semantics in the Semantic Web? The Boeing Company. Ontologies in Agent Systems workshop. Autonomous Agents Conference. Montreal, 2001. *AI Magazine*. American Association for Artificial Intelligence Menlo Park, CA, USA. Volume 24 , Issue 3. pp. 25 – 36. ISSN:0738-4602.

**(Vance y colab., 2013)**

Vance, G., Williamson, A., Frearson, R., O'Connor, N., Davison, J., Steele, C. & Burford, B. (2013). Evaluation of an Established Learning Portfolio. *Clinical Teacher*, 10(1), 21-26.

**(Van der Schaaf y colab, 2012)**

Van der Schaaf, M., Baartman, L. & Prins, F. (2012). Exploring the Role of Assessment Criteria during Teachers' Collaborative Judgement Processes of Students' Portfolios. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 37(7), 847-860.

**(Vitturini y colab., 2011)**

Vitturini, M.; Benedetti, L.; Señas, P. (2011) Una nueva herramienta de evaluación basada en Filtros de Corrección Automática (FCA). *TE&ET | Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*. Nro 6, 43-51, (2011)

**(Wagner y colab., 2008)**

Wagner, N., Hassanein, K., M. Head, M. Who Is Responsible for E-Learning Success in Higher Education? A Stakeholders' Analysis. *Educational Technology & Society*, 11(3), 26-36. Retrieved February 17, 2014 from <http://www.editlib.org/p/75266>. 2008.

**(Webel y colab., 1998)**

Weibel, S., Kunze, J., Lagoze, C., & Wolf, M. (1998). Dublin core metadata for resource discovery. *Internet Engineering Task Force RFC*, 2413(222), 132.

**(Welty y colab., 2001)**

Welty C., Guarino N. (2001). Supporting ontological analysis of taxonomic relationships. *Data & Knowledge Engineering*. Volume 39 , Issue 1. ER2000 Pages: 51 - 74 ISSN:0169-023X . Elsevier Science Publishers.

**(Werth, 2009)**

Werth, E. (2009). Student Perception of Learning through a Problem-based Learning Exercise: An exploratory study. *Policing*, 32(1), 21-37.

**(Wiley, 2000)**

Wiley, D. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. En D. A. Wiley (Ed.): *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*. Consultado el 31/10/2011 en WWW: <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>, [http://www.eubca.edu.uy/disenio\\_de\\_metadatos\\_para\\_descripcion\\_de\\_recursos\\_educativos\\_digitales.pdf](http://www.eubca.edu.uy/disenio_de_metadatos_para_descripcion_de_recursos_educativos_digitales.pdf)

**(Zelada y colab., ...)**

ZELADA, M., NORIEGA, A. D., HERNANDEZ, D. M., & CIFUENTES, M. *Manual de Evaluación Alternativa*.

**(Zimmerman, 2006)**

Zimmerman, K., Mimkes, J., Kamke, H. (2006). An Ontology Framework for e-Learning in the Knowledge Society. 9th International ISKO Conference. The International Society for Knowledge Organization (ISKO). Vienna, Austria.



