

# Una Ontología para Conectar Aprendizaje Formal e Informal en Entornos Inteligentes de Aprendizaje

Adolfo Ruiz-Calleja  
ETSI Telecomunicación  
Universidad de Valladolid  
Valladolid, España  
adolfo@gsic.uva.es

Juan I. Asensio-Pérez  
ETSI Telecomunicación  
Universidad de Valladolid  
Valladolid, España  
juaase@tel.uva.es

Guillermo Vega-Gorgojo  
ETSI Telecomunicación  
Universidad de Valladolid  
Valladolid, España  
guiveg@tel.uva.es

Alejandra Martínez-Monés  
ETSI Informática  
Universidad de Valladolid  
Valladolid, España  
amartine@infor.uva.es

Miguel L. Bote-Lorenzo  
ETSI Telecomunicación  
Universidad de Valladolid  
Valladolid, España  
migbot@tel.uva.es

Yannis Dimitriadis  
ETSI Telecomunicación  
Universidad de Valladolid  
Valladolid, España  
yannis@tel.uva.es

Eduardo Gómez-Sánchez  
ETSI Telecomunicación  
Universidad de Valladolid  
Valladolid, España  
edugom@tel.uva.es

Sergio Serrano-Iglesias  
ETSI Telecomunicación  
Universidad de Valladolid  
Valladolid, España  
sergio@gsic.uva.es

**Abstract**—Smart Learning Environments (SLE) propose learning situations that bridge through formal and informal learning contexts using different technologies. For this proposal to become a reality it is needed a data model that takes into account the particularities of SLEs and allows to share information among these technologies. The present paper proposes an ontology that follows this goal. For this purpose, it offers an example that illustrates the type of scenarios that happen in SLE, considering aspects such as the integration of diverse technology, the personalization of the learning process and the connection between formal and informal learning environments. Once analyzed these aspects - obtained from the literature and exemplified in the scenario-already-existing data models are extended to satisfy the specific needs of the SLEs. This extension allows to define a network of actors and artifacts connected by their topics of interests, as well as to relate the learning activities with formal or informal environments. We also propose an implementation of this model in an ontology using Web Semantic technologies, thus easing its reusability by third parties.

**Resumen**—Los entornos de aprendizaje inteligentes (SLE) proponen situaciones de aprendizaje a través de contextos formales e informales, utilizando para ello tecnologías diversas. Parte del problema es contar con un modelo de datos que permita compartir información entre dichas tecnologías y que tenga en cuenta las particularidades de los SLE. El presente artículo propone una ontología con esta finalidad. Para ello se parte de un ejemplo que ilustra el tipo de escenario que se da en los SLE, considerando aspectos como la integración de tecnología diversa, la personalización del proceso de aprendizaje y la conexión del aprendizaje en entornos formales e informales. A partir de estos aspectos -recogidos en la literatura y ejemplificados en el escenario- se extienden modelos de datos existentes para satisfacer las necesidades de los SLE. Esta extensión permite definir una red de actores y artefactos de aprendizaje enlazados por sus temas de interés, así como relacionar actividades de aprendizaje con entornos formales o informales. También se propone una implementación de este modelo en una ontología utilizando tecnologías de la Web Semántica para así favorecer la reutilización de datos ofrecidos por terceros.

**Index Terms**—Entornos de aprendizaje inteligente, Web Semántica, ontología, sistema de recomendación

## I. INTRODUCCIÓN

Los Entornos Inteligentes de Aprendizaje (SLE por sus siglas en inglés, *Smart Learning Environment*) [1] han surgido en los últimos años como unos nuevos entornos de tecnología educativa capaces de adaptar la experiencia de aprendizaje, dando un apoyo personalizado que tenga en cuenta las necesidades y el contexto de cada alumno [2]. Los SLE permiten diseñar y poner en marcha escenarios novedosos que implican un aprendizaje transversal a través de distintos espacios. Por ejemplo, si un SLE detecta que un alumno está aprendiendo sobre arte barroco en clase (espacio formal), cuando esté dando un paseo por su ciudad (espacio informal) le podría sugerir que visitase una iglesia cercana y observara su retablo barroco.

Uno de los principales retos de los SLE es la integración de herramientas tecnológicas de diversa naturaleza (v.gr., tecnología móvil, tecnología Web, tecnologías semánticas o inteligencia artificial entre muchas otras [3]), que dan apoyo a diferentes tipos de aprendizaje (v.gr., formal o informal [2]) y que son ofrecidas por proveedores muy diferentes (v.gr., organizaciones como Moodle, empresas como Google o desarrollos propios de una universidad). Un SLE debe permitir que estas tecnologías interoperen de manera coordinada, siendo conocedoras del progreso del alumno y de su relación con los artefactos involucrados en su aprendizaje. Por lo tanto, como parte del problema de integración, es necesario contar con un modelo de datos compartido entre las distintas tecnologías involucradas en él.

En el grupo GSIC de la Universidad de Valladolid hemos propuesto SCARLETT [4], un SLE que ofrece apoyo personalizado a los alumnos en situaciones de aprendizaje que ocurren en distintos entornos, valiéndose de la información del contexto del alumno y del diseño de aprendizaje ofrecido por el profesor. Para su propuesta seguimos la metodología de investigación basada en diseño [5], la cual es una metodología iterativa muy utilizada en la investigación de tecnología

educativa. En iteraciones previas en esta metodología hemos hecho una propuesta arquitectónica [4] y hemos desarrollado una aplicación móvil que sugiere tareas de aprendizaje en función del contexto físico del alumno [6]. En la iteración actual nos enfrentamos al problema de integrar la arquitectura propuesta con la aplicación móvil, así como otras tecnologías ofrecidas por terceros (v.gr., VLE o editores de diseños de aprendizaje). De esta forma se busca ofrecer un soporte al aprendizaje inteligente en espacios formales e informales.

Un aspecto necesario para esta integración es que las distintas tecnologías compartan un modelo de datos común, para así poder intercambiar información entre ellas. Con este propósito, en el presente artículo se propone una ontología que da apoyo a todo el ciclo de vida de una actividad de aprendizaje en un SLE; esto incluye su diseño, su despliegue en entornos formales e informales y su evaluación. Por tanto, la ontología debe ofrecer la expresividad necesaria para diseñar una actividad, debe tener en cuenta el tipo de recursos tecnológicos que se integrarán en el VLE y debe poder obtener información sobre el uso de dichos recursos. El uso de tecnologías semánticas para implementar el modelo de datos en una ontología permite reutilizar vocabularios y datos disponibles en la Web [7] y otorga una extensibilidad al modelo para poder adaptarse a escenarios concretos.

El resto del artículo se estructura como sigue: en un primer lugar se repasan los vocabularios utilizados en el dominio educativo (Sección II). Posteriormente se propone un escenario educativo que guía los requisitos del modelo de datos (Sección III), el cual es posteriormente definido (Sección IV) e implementado en una ontología (Sección V). Finalmente, la sección VI incluye las conclusiones más relevantes del artículo y sus líneas de trabajo futuro.

## II. MODELOS DE DATOS EDUCATIVOS

Durante las dos primeras décadas del siglo XXI se han propuesto una miríada de modelos de datos y vocabularios educativos. Algunos de estos modelos de datos buscaban la descripción de objetos de aprendizaje, incluyendo recursos educativos. Entre ellos cabe destacar LOM (*Learning Object Metadata*, Metadatos de Objetos de Aprendizaje) [8], una propuesta de IEEE ampliamente aceptada por la comunidad científica y la industria. LOM es un modelo de datos cuyo propósito es facilitar la reutilización e internacionalización de objetos de aprendizaje. Bien se podría considerar a LOM un estándar de facto que se utiliza en repositorios de recursos o diseños de aprendizaje desde hace décadas [9].

Otros modelos de datos educativos tienen un propósito distinto a la mera descripción y compartición de objetos de aprendizaje. Tal es el caso de los utilizados en entornos educativos que soporten la analítica del aprendizaje [10]. En estos casos se requieren modelos de datos más complejos. En ellos generalmente se define un perfil de alumno y se relaciona con los objetos de aprendizaje que éste manipula para así generar un modelo de alumno. En estos casos el modelo de datos dependerá en buena medida del propósito con el que se vayan a realizar las analíticas de aprendizaje así como del

contexto educativo (v.gr., contextos formales o informales) en el que se vayan a emplear [11].

Esta diversidad en los modelos de datos educativos genera una potencial barrera a la hora de integrar tecnología, ya que se hace necesario alinear las estructuras de datos de distintos proveedores. Por eso las plataformas educativas que buscan integrar herramientas de distintos proveedores definen modelos de datos con conceptos de alto nivel que son compartidos por diversas herramientas. Un ejemplo es [11], donde se parte de principios teóricos para definir un modelo de datos extensible que pueda integrarse con diversos servicios y herramientas de aprendizaje. Otro ejemplo, también desarrollado por algunos de los autores del presente artículo, es [12]. Este modelo de datos soporta el despliegue de diseños de aprendizaje en distintas plataformas, de manera que se contempla la posibilidad de que los diseños y las plataformas sean heterogéneos. Así, se definen una serie de conceptos comunes a múltiples lenguajes de diseño y se relacionan todos ellos para forjar un modelo de datos extensible. De hecho, se propuso una extensión en [13] para añadir ciertos conceptos y así dar soporte a la evaluación por competencias de las actividades educativas.

En la integración de los modelos de datos educativos también es relevante el uso extenso que se ha hecho de las tecnologías de la Web Semántica [14]. Quizá el caso más conocido sea la representación de LOM utilizando vocabulario de la Web de Datos (v.gr., Dublin Core) y siguiendo los principios de Linked Data [15]. De esta forma se facilita la exportación de los recursos educativos de unos registros a otros, así como su búsqueda y su descubrimiento. En otros casos se han utilizado estas tecnologías para el enriquecimiento de datos educativos [16] o la compartición de diseños de aprendizaje [17].

En el contexto de los SLE, las tecnologías de la Web Semántica se han utilizado generalmente para ayudar a la personalización del proceso de aprendizaje [18]. Para ello se han desarrollado ontologías complejas que son utilizadas por sistemas de recomendación educativos (v.gr., [19]). No obstante, esta misma complejidad va en detrimento de su reutilización. Por ello, no se pueden considerar adecuadas si se busca la integración de datos abiertos publicados en la Web. Además, estas ontologías no tienen en cuenta la relación del aprendizaje formal e informal, que es una de las características diferenciadoras de los SLE [2].

Con todo, se puede ver que la comunidad educativa ha propuesto multitud de modelos de datos y ha explorado cómo las tecnologías semánticas presentan claras bondades a la hora de integrar tecnología y datos de terceros. Sin embargo, se echa en falta un modelo de datos que, además, contemple las necesidades propias de un SLE, como son la personalización del aprendizaje y la recomendación de tareas en entornos formales e informales.

## III. ESCENARIO

En esta sección se presenta un escenario que servirá para ejemplificar los requisitos de un modelo de datos para un SLE. Este escenario busca ser realista a la vez que relevante para la

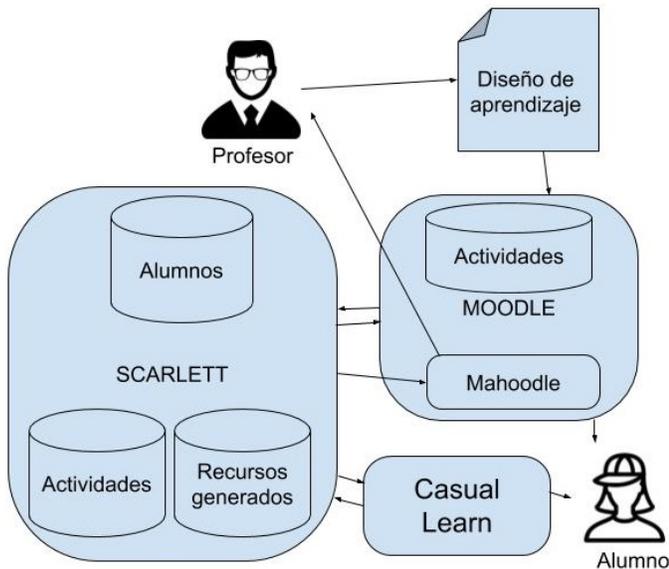


Figura 1. Arquitectura del sistema que soporta el escenario descrito.

comunidad investigadora. Por eso, se basa en un análisis de la literatura sobre aprendizaje apoyado por entornos inteligentes, así como en la experiencia de nueve profesores de secundaria de historia del arte de Castilla y León. Con dichos profesores se realizaron dos rondas de entrevistas semi-estructuradas. Además, se han analizado los diseños de aprendizaje que cuatro de estos profesores utilizan en sus clases. A partir de todo ello se definió el escenario que sigue.

Jaime es docente de historia del arte en un instituto palentino. En sus clases utiliza Moodle con el módulo SCARLETT para conectarlo con un SLE. También sugiere a sus alumnos que utilicen voluntariamente la aplicación móvil Casual Learn [20] para aprender historia del arte en su propia ciudad.

Jaime cargó en Moodle el módulo de SCARLETT al principio del curso. En él se ofrecían actividades para sus alumnos estructuradas en unidades temáticas. Dichas actividades pueden contener uno o varios recursos, como pueden ser textos, imágenes, vídeos o cuestionarios. Jaime ha comenzado esta semana a tratar el tema de arte románico y por ello pide a sus alumnos que accedan a la unidad temática correspondiente. Ahí pueden encontrar distintas actividades en las que se les sugiere ver vídeos y responder preguntas de tipo test para su autoevaluación.

Rosa es una de las alumnas de Jaime. Cuando estaba en su casa estudiando, accedió al Moodle de la asignatura y en él encontró ciertos recursos de aprendizaje preparados por Jaime. Concretamente vio un vídeo sobre el arte románico que explicaba las diferencias entre la bóveda de cañón y la bóveda de arista. Después, realizó un test en el que se mostraban distintos tipos de bóvedas y tenía que clasificarlas. Rosa quedó muy contenta, pues sus resultados fueron positivos. El SLE monitorizó a Rosa en la consecución de estas actividades, actualizó los intereses de Rosa para

relacionarlos con el románico, el arte románico, la bóveda de cañón y la bóveda de arista.

A los dos días Rosa se dio un paseo por Palencia y pasó cerca de la Iglesia de San Juan Bautista, de estilo románico. La aplicación Casual Learn notificó al SLE la posición de Rosa y éste comprobó que en las cercanías se podían ofrecer actividades relacionadas con el arte románico, uno de los nuevos intereses de Rosa. Por eso Rosa recibió una notificación en su móvil proveniente de la aplicación Casual Learn (véase la Figura 1). En ella, se invita a fotografiar el frontispicio de la iglesia y reflexionar sobre las imágenes allí representadas. Rosa aceptó con gusto la actividad y la realizó. Cuando la finalizó la puntuó con 5 estrellas y solicitó que la aplicación le sugiriese otra. Entonces Casual Learn le propuso otra actividad; esta recomendación se debía a que unos días antes Pedro, un compañero de Rosa, había puntuado con cinco estrellas tanto la actividad que Rosa acababa de hacer como la que ahora se le iba a recomendar. En esa nueva actividad se pedía a Rosa que observase la bóveda de la Iglesia de San Juan Bautista y determinase de qué tipo de bóveda se trata. Rosa no dudó en contestar que es una bóveda de cañón. Esta tarea le gustó menos, así que la puntuó con 2 estrellas. Después prosiguió su paseo.

Al llegar a casa, Rosa volvió a acceder a Moodle. Allí vio que en su portfolio de Mahoodle se encontraban los enunciados y las respuestas de las actividades que ella había realizado. Además, observó que en Moodle se proponían dos nuevas actividades optativas. Ambas eran sugeridas por el SLE teniendo en cuenta los intereses de Rosa y el que ella hubiera realizado las actividades cerca de la Iglesia de San Juan Bautista. En una de las nuevas actividades propuestas se le sugiere dibujar un capitel románico; otra consiste en emparejar el nombre y la fotografía de ciertas iglesias románicas. Rosa consideró que las haría en otro momento.

A la semana siguiente, Jaime accedió a Moodle y visualizó las actividades realizadas por sus alumnos con Casual Learn. Se alegró al ver que un grupo de alumnos realizaron actividades. Sin embargo, varios alumnos habían errado al fotografiar un frontispicio, confundiéndolo con la puerta o con el tímpano; así que Jaime pensó que repararía ese término en su siguiente clase. También vio que Rosa había hecho una reflexión interesante sobre la fachada de San Juan Bautista, por lo que la invitaría a comentarlo en clase.

#### IV. PROPUESTA DE UN MODELO DE DATOS

La sección III muestra un ejemplo de un escenario soportado por SCARLETT. En él se observa una de las características propias de los SLE [2]: se recomiendan actividades de acuerdo al entorno (Moodle o espacio físico, en el escenario) con el que interactúe; el contexto (localización, en el ejemplo) en el que se encuentre; los temas de interés del alumno, de acuerdo a los objetos de aprendizaje y actividades a los que haya accedido; y las preferencias del alumno en cuanto al tipo de actividades. En este sentido, se realizan recomendaciones de actividades basadas

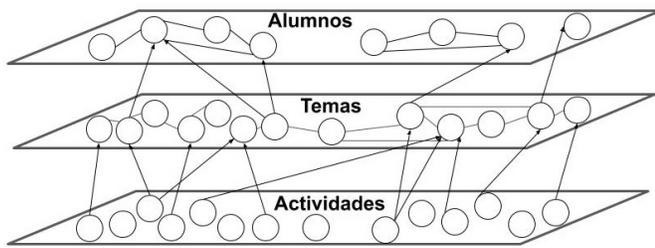


Figura 2. Relaciones entre Alumnos, Temas y Actividades.

en contexto (espacio y localización del alumno), contenido (temas y nivel alcanzado) y semejanza social (preferencias del alumno). Otra característica propia de los SLE que refleja el escenario es la recogida de evidencias a partir de las actividades realizadas por el alumno (imágenes y texto, en el ejemplo) [2]. En el caso particular de este ejemplo, esas evidencias se recogen en un portfolio; además, se recogen las opiniones de los alumnos sobre las actividades para calcular su semejanza social.

Para cumplir estos requisitos el modelo de datos debe relacionar Actividades y Alumnos a través de los Temas de interés, aunque estas actividades se desarrollen en distintos Contextos formales o informales. Las recomendaciones ofrecidas por el SLE pueden beneficiarse si los Alumnos están relacionados entre sí por su semejanza social y los Temas se estructuran como taxonomías. De esta forma hay una relación jerárquica entre entidades de Tema. Así, tomando el escenario anterior, la Actividad a la que accede el alumno está relacionada con el Tema “Arquitectura Románica”, si bien las actividades sugeridas por Casual Learn pueden estar relacionadas con los Temas “Frontispicio” y “Bóveda de Cañón”. Para realizar dicha recomendación sería necesario que existiese una estructura en los Temas, de manera que se relacionase “Arquitectura Románica” con “Frontispicio” y “Bóveda de Cañón”. Esta estructura de relaciones, representada gráficamente en la Figura 2, genera una red social de actores y artefactos, adecuada para la recomendación de actividades de aprendizaje en entornos informales [11].

Teniendo en cuenta estas condiciones para dar soporte al escenario se deriva el modelo de datos en la Figura 3. Para ello, se ha partido de [12], un modelo de datos para el despliegue de actividades de aprendizaje en múltiples entornos. Este modelo ya fue extendido en [13] para dar soporte a la evaluación por competencias utilizando portfolios. Estos modelos definen conceptos como Diseño, Actividad, Evidencia y Alumno. No obstante, carecen de otros conceptos de suma importancia para un SLE. Uno de ellos es Tema, el cual es importante que se relacione tanto con las actividades como con los alumnos, como se ha indicado anteriormente. Otro es Contexto, donde se definen los parámetros relevantes del contexto en el que se desarrolla la Actividad. Todos estos conceptos citados se representan en azul en la Figura 3.

Este modelo de datos es extensible para poder incluir conceptos adecuados a SLE concretos. Así, para el SLE que

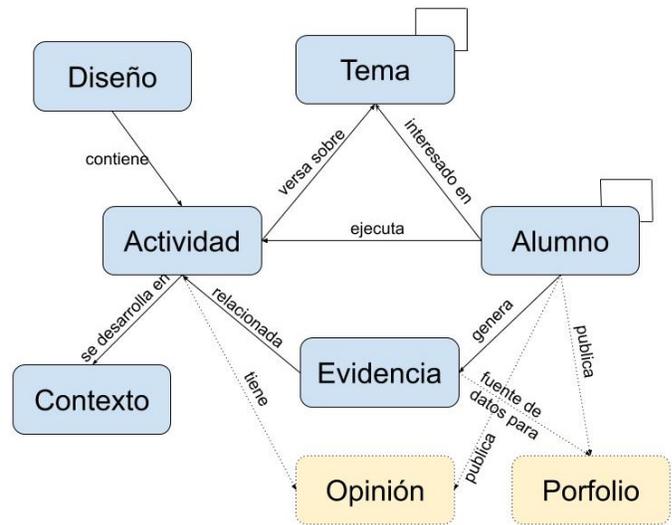


Figura 3. Modelo de datos para un entorno inteligente de aprendizaje. En azul los conceptos nucleares del modelo; en amarillo la extensión necesaria para dar soporte al escenario de la sección III.

dé soporte al escenario de la sección III se han incluido dos conceptos a mayores: Portfolio y Opinión. El concepto Opinión define las evaluaciones de los Alumnos a las Actividades. En el escenario descrito el propósito de estas evaluaciones es doble: ofrecer información para revisar las Actividades; y ofrecer una información social al sistema de recomendación, de manera que se pueda recomendar al Alumno las Tareas que hayan sido positivamente valoradas por otros Alumnos con criterios de evaluación afines.

## V. IMPLEMENTACIÓN SEMÁNTICA DEL MODELO DE DATOS

El modelo de datos se implementó como una ontología para facilitar su extensibilidad y su integración con los registros disponibles en la Web de Datos. En la Tabla I se muestra la implementación de las principales propiedades de cada clase junto con dos ejemplos. La Tabla II relaciona los espacios de nombres con sus correspondientes URI.

Siguiendo las buenas prácticas en el modelado de ontologías [21], se reutilizaron en la medida de lo posible ontologías existentes. Así, se hizo uso de parámetros definidos en ontologías muy utilizadas en la Web de Datos para describir recursos u objetos de aprendizaje, como Dublin Core (espacio de nombre `dc:` y `dcmi:` en la Tabla I). También se utilizaron otras ontologías genéricas que también son usadas en la Web de Datos [7]; entre ellas se encuentran RDF, FOAF, Review (`rev:`), DBpedia (`db:`) o SKOS. En los casos en los que fue necesario se definieron nuevas clases (v.gr. `ns:actividad`) o propiedades (v.gr. `ns:tieneEntorno`).

Otra ventaja muy importante del uso de las tecnologías semánticas es que se puede relacionar el modelo de datos propuesto con otros modelos de datos estructurados ofrecidos por terceros. Así, DBpedia define tesauros en los que relaciona explícitamente categorías de ele-

Actividad		
	ns:actividad1	ns:actividad2
rdf:type	ns:Actividad	ns:Actividad
rdfs:label	"Fotografía frontispicio"	"Bóvedas románicas"
dc:creator	ns:Casual Learn	jaime@profesor.es
dc:subject	db:frontispicio	db:Arquitectura_románica
ns:text	"Fotografía el frontispicio..."	".observa el video..."
ns:image	dbf:San_Juan02.JPG	
ns:video		yb:Oovakfxonm4
ns:tieneEntorno	ns:espacioFisico1	ns:Moodle1
rv:hasReview	ns:rev001	
ns:bloom	ns:recuerda	ns:recuerda
Alumno		
	rosa@alumno.es	pedro@alumno.es
rdf:type	foaf:Person	foaf:Person
foaf:interest	db:Arquitectura_románica	db:Arquitectura_gótica
rev:Review	ns:rev001, ns:rev002	ns:rev100
ns:realiza	ns:actividad1	ns:actividad100
ns:genera	ns:evidencia1	ns:evidencia100
Tema		
	db:Arquitectura_románica	db:Bóveda_de_cañón
rdf:type	ns:tema	ns:tema
rdfs:label	Arquitectura románica"	"Bóveda de cañón"
skos:broader		db:Arquitectura_románica
skos:narrower	db:Bóveda_de_cañón	
Contexto		
	ns:espacioFisico1	ns:Moodle1
rdf:type	ns:Entorno	ns:Entorno
ns:longitud	4.3128"	
ns:latitud	"42.2736"	
Diseño		
	ns:diseño1	ns:diseño2
rdf:type	ns:Diseno	ns:Diseno
dc:creator	jaime@profesor.es	jaime@profesor.es
dc:hasPart	ns:actFormal1	ns:actFormal2
Evidencia		
	ns:evidencia1	ns:evidencia2
dc:type	dcmi:Image	dcmi:Text
dc:creator	rosa@alumno.es	rosa@alumno.es
dc:related	ns:actividad1	ns:actividad100
Opinión		
	ns:rev001	ns:rev002
rdf:type	rev:Review	rev:Review
rev:Rating	5	2
Porfolio		
	ns:porfolio1	ns:porfolio2
dc:type	dcmi:Collection	dcmi:Collection
dc:autor	rosa@alumno.es	pedro@alumno.es
dc:hasPart	ns:evidencia1	ns:evidencia100

Tabla I  
CLASES DEFINIDAS Y SUS PROPIEDADES PRINCIPALES JUNTO CON DOS EJEMPLOS DE INSTANCIAS.

mentos. Por ejemplo, se define la relación entre la categoría `dbc:Elementos_de_arquitectura_románica` y conceptos relacionados, como `db:Bóveda_de_cañón`. Estas relaciones se ofrecen como datos abiertos enlazados, de manera que se pueden extraer libremente. Así resulta sencillo establecer las relaciones entre los Temas en el modelo de datos: basta que estos Temas se definan como conceptos de DBpedia e importar las relaciones entre esos conceptos.

Cabe reflexionar cómo de factible es obtener datos que pueblen esta ontología. En lo referente a las Actividades, se espera que sea el profesor quien proporcione sus diseños educativos (también conocidos como "diseños de aprendizaje- [22]). Los diseños educativos se pueden realizar usando herramientas específicas de autoría o mediante el denominado

Prefix	URI
foaf:	http://xmlns.com/foaf/0.1/
db:	http://es.dbpedia.org/resource/
dbc:	http://es.dbpedia.org/resource/Categoría:
dbf:	http://commons.wikimedia.org/wiki/Special:FilePath/
dc:	http://purl.org/dc/elements/1.1/
dcmi:	http://purl.org/dc/dcmitype/
dct:	http://purl.org/dc/terms/
rev:	http://purl.org/stuff/rev#
yb:	https://youtu.be/
ns:	cualquier espacio de nombres privado

Tabla II  
ESPACIOS DE NOMBRES UTILIZADOS EN ESTE ARTÍCULO Y SUS CORRESPONDIENTES URI

"método bricolage- [23] que, en el caso del ejemplo, consistiría en emplear el modo de edición de Moodle [24].

En este sentido, el mayor problema se presenta en la relación de la Actividad con el Tema, si se entiende el último como un concepto de un tesoro. Esto se debe a que muchas de las herramientas de autoría solo permiten definir la temática de una Actividad mediante un conjunto de palabras clave. Potenciales soluciones a este problema serían la co-creación de las Actividades entre profesores e ingenieros de ontologías; o la adaptación de una herramienta de autoría para facilitar que el profesor relacione las Actividades que genere con conceptos de DBpedia. Esta última opción la exploraremos en nuestro trabajo futuro.

También sería posible integrar un registro de Actividades educativas previamente existente, de manera que se pudieran importar las Actividades que en él se contengan. Si este registro utiliza una ontología diferente a la propuesta se debería realizar un alineamiento de ambas ontologías; esta es una tarea ardua pero que muchas veces se ve facilitada al utilizar vocabularios de la Web de Datos [7]. Un registro de Actividades de especial relevancia para este trabajo es el de Casual Learn: en nuestro trabajo previo hemos propuesto explotar los datos ofrecidos por DBpedia para generar actividades [25], que potencialmente podrían utilizarse en Moodle u otro entorno de aprendizaje virtual; también hemos explorado la generación de actividades educativas geolocalizadas a partir de los datos de DBpedia [26]. De esta forma, se ha conseguido la generación semi-automática de 16.000 instancias del concepto Actividad que se relacionan automáticamente con Temas definidos en DBpedia. Estas actividades generadas se centran en el dominio de historia del arte en Castilla y León [26] y son utilizadas por la aplicación Casual Learn.

El rol de alumno es el encargado de generar otras entidades, como Opiniones o Evidencias que se recogen en un Porfolio. También es el encargado de definir el perfil de Alumno al registrarse en el SLE. Este concepto será importante si se busca recoger datos para realizar analíticas de aprendizaje. Así, el modelo de datos xAPI [27] (estandar de facto para las analíticas del aprendizaje) define cuádruplas para dichas trazas compuestas por "Alumno", "Actividad", "Evidencia" y "Contexto". Los cuatro conceptos están incluidos y relacionados en nuestro modelo, por lo que extraer las trazas

a partir de los datos recogidos no debería ser una tarea ardua.

## VI. CONCLUSIONES

Este artículo presenta una ontología para un entorno de aprendizaje inteligente (SLE). El modelo de datos que implementa esta ontología permite personalizar el aprendizaje ofreciendo actividades en entornos formales e informales. Para su definición se ha partido de un escenario y de otros modelos de datos propuestos para el dominio educativo. Su implementación explotando las tecnologías de la Web Semántica facilita la reutilización de datos de terceros.

Una de las características de esta ontología es que permite crear una red semántica de actores y artefactos, la cual es muy adecuada para la recomendación de actividades de aprendizaje. Además, las actividades descritas se relacionan con un contexto, de manera que se pueden contextualizar en entornos formales o informales y recomendarse de manera acorde. Los actores y artefactos se relacionan entre sí mediante los temas de los que versan, por lo que resulta muy importante que los temas se definan de manera explícita. Otro aspecto importante es el uso de las tecnologías semánticas. Esto permite reutilizar datos y taxonomías publicadas por terceros. Así, es posible relacionar de manera automática los temas explotando los tesauros que se publican en DBpedia. También es posible obtener actividades de aprendizaje definidas mediante herramientas de autoría existentes, e incluso generadas de manera semi-automática a partir de datos de la Web.

El trabajo aquí presentado debe entenderse como parte de la propuesta de un SLE llamado SCARLETT. Siguiendo la metodología de investigación basada en diseño, nuestro trabajo inmediato pretende cerrar esta iteración utilizando la ontología propuesta para integrar las herramientas mencionadas en el artículo: SCARLETT, Casual Learn, Moodle e ILDE. Posteriormente se llevará a la práctica real un escenario semejante al descrito en la sección III.

## AGRADECIMIENTOS

La investigación aquí reportada ha sido financiada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional y la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León bajo el proyecto VA257P18, y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional y la Agencia Nacional de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación bajo el proyecto TIN2017-85179-C3-2-R.

## REFERENCIAS

- [1] B. Gros, "The design of smart educational environments," *Smart Learning Environments*, vol. 3, no. 15, pp. 1–11, 2016.
- [2] G. Hwang, "Definition, framework and research issues of smart learning environments - a context-aware ubiquitous learning perspective," *Smart Learning Environments*, vol. 1, no. 4, pp. 1–14, 2014.
- [3] J. Dron, "Smart learning environments, and not so smart learning environments: A systems view," *Smart Learning Environments*, vol. 5, p. 25, 2018.
- [4] S. Serrano-Iglesias, M. L. Bote-Lorenzo, E. Gómez-Sánchez, J. I. Asensio-Pérez, and G. Vega-Gorgojo, "Towards the enactment of learning situations connecting formal and non-formal learning in sles," in *Foundations and Trends in Smart Learning*, M. Chang, E. Popescu, Kinshuk, N.-S. Chen, M. Jemni, R. Huang, J. M. Spector, and D. G. Sampson, Eds. Singapore: Springer Singapore, 2019, pp. 187–190.
- [5] F. Wang and M. Hannafin, "Design-based research and technology-enhanced learning environments," *Educational Technology Research and Development*, vol. 53, no. 4, pp. 5–23, 2005.
- [6] A. Ruiz-Calleja, M. Bote-Lorenzo, G. Vega-Gorgojo, S. Serrano-Iglesias, P. García-Zarza, J. Asensio-Pérez, and E. Gómez-Sánchez, "Casual Learn: A smart application to learn History of Art," in *Proceedings of the 15th European Conference on Technology Enhanced Learning*, Heidelberg, Germany: Springer, 2020, in press.
- [7] T. Heath and C. Bizer, *Linked Data: Evolving the Web into a global data space*, J. Hendler and F. van Harmelen, Eds. Morgan & Claypool, 2011, URL: <http://linkeddatabook.com/editions/1.0/>, última visita julio de 2020.
- [8] I. G. L. Consortium, "Learning Resource Meta-data Specification v. 1.3," 2001, URL: <http://www.imslobal.org/metadata/index.html>, última visita julio de 2020.
- [9] F. Neven and E. Duval, "Reusable learning objects: A survey of lom-based repositories," in *Proceedings of the tenth ACM International Conference on Multimedia*. Juan-les-Pins, France: ACM, 2002, pp. 291–294.
- [10] A. Del Blanco, A. Serrano, M. Freire, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, "E-learning standards and learning analytics. can data collection be improved by using standard data models?" in *Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Berlin, Germany: IEEE, 2013, pp. 1255–1261.
- [11] A. Ruiz Calleja, S. Dennerlein, D. Kowald, D. Theiler, E. Lex, and T. Ley, "An infrastructure for workplace learning analytics: Tracing knowledge creation with the social semantic server," *Journal of Learning Analytics*, vol. 6, no. 2, pp. 120–139, 2019.
- [12] L. Prieto, J. Asensio-Pérez, Y. Dimitriadis, E. Gómez-Sánchez, and J. Muñoz-Cristóbal, "GLUE!-PS: A multi-language architecture and data model to deploy tel designs to multiple learning environments," in *Proceedings of the 6th European Conference on Technology Enhanced Learning*. Heidelberg, Germany: Springer, 2011, pp. 285–298.
- [13] A. Lozano-Alvarez, J. Asensio-Pérez, G. Vega-Gorgojo, and A. Martínez-Monés, "Helping teachers align learning objectives and evidence: Integration of eportfolios in distributed learning environments," *Journal of Universal Computer Science*, vol. 21, no. 8, pp. 1022–1041, 2015.
- [14] G. Vega-Gorgojo, J. Asensio-Pérez, E. Gómez-Sánchez, M. Bote-Lorenzo, J. Muñoz-Cristóbal, and A. Ruiz-Calleja, "A review of linked data proposals in the learning domain," *Journal of Universal Computer Science*, vol. 21, pp. 326–364, 2015.
- [15] T. Berners-Lee, "Linked Data - Design Issues," 2006, URL: <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>, última visita julio de 2020.
- [16] S. Dietze, H. Q. Yu, D. Giordano, E. Kaldoudi, N. Dovrolis, and D. Taibi, "Linked Education: Interlinking educational resources and the Web of Data," 2012, pp. 366–371.
- [17] I. Ruiz-Rube, C. Cornejo, and J. Doderó, "Accessing learning resources described in semantically enriched weblogs," *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, vol. 6, no. 3–4, pp. 175–184, 2011.
- [18] S. Ouf, M. Ellatif, S. Salama, and Y. Helmy, "A proposed paradigm for smart learning environment based on Semantic Web," *Computers in Human Behavior*, vol. 72, pp. 796–818, 2017.
- [19] S. Fraihat and Q. Shambour, "A framework of semantic recommender system for e-learning," *Journal of Software*, vol. 10, no. 3, pp. 317–330, 2015.
- [20] A. Ruiz-Calleja, M. Bote-Lorenzo, G. Vega-Gorgojo, S. Serrano-Iglesias, P. García-Zarza, J. Asensio-Pérez, and E. Gómez-Sánchez, "Casuallearn: A smart application to learn history of art," in *Proceedings of the European Conference on Technology Enhanced Learning (ECTEL)*. Heidelberg, Germany: Springer, 2020, pp. 472–476.
- [21] A. Gómez-Pérez, M. Fernández-López, and O. Corcho, *Ontological Engineering*. London, UK: Springer, 2004.
- [22] M. Maina, B. Craft, and Y. Mor, *The art & science of learning design*. Rotterdam, The Netherlands: Springer, 2015.
- [23] J. Muñoz-Cristóbal, V. Gallego-Lema, H. Arribas-Cubero, A. Martínez-Monés, and J. Asensio-Pérez, "Using virtual learning environments in bricolage mode for orchestrating learning situations across physical and virtual spaces," *Computers & Education*, vol. 109, pp. 233–252, 2017.
- [24] A. Berggren, D. Burgos, J. Fontana, D. Hinkelman, V. Hung, A. Hursh, and G. Tieleman, "Practical and pedagogical issues for teacher adoption of ims learning design standards in moodle lms," *Journal of Interactive Media in Education*, vol. 2005, no. 1, pp. 1–24.

- [25] G. Vega-Gorgojo, "Clover quiz: A trivia game powered by DBpedia," *Semantic Web Journal*, vol. 10, no. 4, pp. 779–793, 2019.
- [26] A. Ruiz-Calleja, M. L. Bote-Lorenzo, G. Vega-Gorgojo, S. Serrano-Iglesias, J. Asensio-Pérez, Y. Dimitriadis, and E. Gómez-Sánchez, "The potential of open data to automatically create learning resources for smart learning environments," in *Proceedings of the 13th International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAml)*. Toledo, Spain: MDPI, 2019, p. 61.
- [27] Rustici Software, "xAPI solved and explained," 2020, URL: <https://xapi.com>, última visita julio de 2020.