



Hacia la anotación y realización de tareas de aprendizaje ubicuo en el contexto de historia del arte

Pablo García Zarza, Adolfo Ruiz Calleja, Miguel L. Bote Lorenzo
Guillermo Vega Gorgojo, Eduardo Gómez Sánchez, Juan I. Asensio Pérez
Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática
ETSI de Telecomunicación, Universidad de Valladolid
Campus Miguel Delibes, Paseo de Belén 15, 47011 Valladolid.
{pablogz, adolfo}@gsic.uva.es, {migbot, guiveg, edugom, juaase}@tel.uva.es

LocalizARTE es una aplicación distribuida para publicar y realizar actividades educativas relacionadas con historia del arte donde la información que utiliza de partida ha sido generada a partir de datos abiertos ofrecidos por distintas organizaciones y las anotaciones que se realicen se proporcionarán también como datos abiertos. Su objetivo es apoyar al aprendizaje en diferentes espacios físicos y virtuales. En este artículo se ilustrará la ontología utilizada para las anotaciones y el funcionamiento, la arquitectura y cómo se está implementando la aplicación. Se describirá a través de un escenario de ejemplo donde un profesor de Historia del Arte publica nuevas tareas educativas en LocalizARTE con el objetivo de que sus estudiantes visiten y analicen los monumentos y edificios de su entorno.

Palabras Clave—Datos Abiertos Enlazados, anotación semántica, aplicaciones distribuidas, aprendizaje ubicuo

I. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje ubicuo se puede definir como «utilizar las tecnologías móviles para facilitar el aprendizaje», si bien la definición «aprender en cualquier lugar y en cualquier momento» [1] es la que se usa con mayor frecuencia. Ambas definiciones plantean que las situaciones de aprendizaje ubicuo ocurren en distintos espacios físicos (p. ej. una clase o un museo) o virtuales (p. ej. un entorno de aprendizaje virtual o una aplicación móvil) siendo los dispositivos móviles los que dan soporte a ese aprendizaje [1], [2]. La comunidad investigadora y docente ha mostrado un claro interés por el aprendizaje ubicuo en los últimos años debido a que otorga autonomía al estudiante y favorece el aprendizaje situado [2], [3].

El aprendizaje ubicuo es especialmente importante para el campo de Historia del Arte porque los estudiantes adquieren una mayor comprensión de un monumento al visitarlo y analizarlo presencialmente, en comparación con estudiarlo a través de libros o recursos web [4]. Debido a ello, en trabajos anteriores hemos propuesto Casual

Learn [5], [6], una aplicación móvil que da soporte al aprendizaje ubicuo de historia del arte y que actualmente está disponible en Google Play¹. Casual Learn recomienda la realización de tareas de aprendizaje relacionadas con monumentos cuando se pasa cerca de ellos. Como característica distintiva, Casual Learn se basa en tecnologías semánticas y de la Web de Datos Abiertos [7]. Esto ha permitido generar semiautomáticamente 10 000 tareas geolocalizadas en monumentos de Castilla y León que se estructuran según la ontología SLEek [8] y se ofrecen como datos abiertos en un punto SPARQL². Todas estas tareas se definieron teniendo en cuenta el currículum educativo de esta comunidad autónoma y fueron validadas por profesores de Educación Secundaria Obligatoria [9].

A pesar de que dichas tareas representan una excelente colección para Casual Learn, adolecen del problema de que los datos utilizados para generarlas no describen particularidades históricas, simbólicas u ornamentales de edificios civiles [9]. Esta carencia puede ser subsanada permitiendo la publicación de nuevos datos a expertos de su comunidad de usuarios. Además, otra limitación de estas tareas es que están diseñadas para ser realizadas exclusivamente en el espacio físico. Por ello, si se desea facilitar la creación de puentes entre distintos espacios educativos (p. ej., entre el espacio físico y un entorno virtual de aprendizaje como Moodle) surge la necesidad de permitir la creación de tareas específicas para otros espacios que no tengan en cuenta la ubicación del usuario.

Para superar estos dos problemas proponemos LocalizARTE, una aplicación para publicar y realizar tareas de historia del arte tanto en el espacio físico como en el virtual. Constará de una aplicación web con dos interfaces

¹<https://casuallearnapp.gsic.uva.es>

²<https://casuallearn.gsic.uva.es/sparql>

basadas en mapas. La primera de ellas permitirá a los estudiantes resolver tareas en el espacio físico de forma similar a como lo permite Casual Learn, además de posibilitarles completar otras tareas en el espacio virtual a través del mapa (es decir, sin necesidad de estar físicamente en las proximidades de un monumento). Con la segunda interfaz los profesores podrán crear nuevas tareas y evaluar las realizadas por sus alumnos. Esto supone un reto, ya que LocalizARTE deberá permitir a usuarios no técnicos (docentes) la publicación en la Web de Datos de tareas geolocalizadas en diferentes puntos físicos y virtuales. Para poder ilustrar su funcionamiento, como datos de partida específicos para esta aplicación se han generado 3600 tareas de aprendizaje para ser mostradas en el mapa virtual (generadas de forma similar a [10]).

Bien es cierto que existen otras aplicaciones que dan soporte a la publicación, desarrollo y evaluación de tareas geolocalizadas [11], [12], [13]. En estas aplicaciones la generación de tareas se basa en una comunidad de creadores de contenido partiendo de un registro vacío y no son compartidas entre ellas. En el caso de LocalizARTE se utilizan tecnologías de la Web de Datos para publicar de manera abierta las tareas generadas siguiendo una aproximación social y semántica que parte de datos ya publicados en la Web de Datos. Este tipo de tecnologías –que ya han sido empleadas en el dominio educativo [14]– suponen una mayor dificultad, ya que se debe ofrecer al docente (generalmente sin experiencia en tecnologías semánticas) una interfaz de publicación que esconda la complejidad de la estructura de datos subyacente.

II. LA APLICACIÓN LOCALIZARTE

A. Ejemplo de escenario de uso

Rodrigo es un profesor de Historia del Arte que ejerce en un instituto de Educación Secundaria de Valladolid. Tras explicar el arte gótico, considera que sería bueno que sus estudiantes visitasen algunos de los edificios góticos vallisoletanos. De esta forma comprenderán y respetarán el patrimonio local a la vez que reforzarán los contenidos vistos en clase. Para ello sugerirá a sus estudiantes que utilicen LocalizARTE.

Antes de hablar con ellos Rodrigo consulta las **tareas** disponibles en LocalizARTE. Comprueba que todos los edificios góticos relevantes de Valladolid han sido identificados como puntos de interés (**POI**, *point of interest*), están descritos y contienen algunas tareas que les serían interesantes. Sin embargo, decide añadir otras tareas para subrayar algunos de los contenidos trabajados en clase. Así, añade una tarea que invita a la reflexión sobre la iconografía del Colegio de San Gregorio y otra que solicita comparar las ventanas góticas de la iglesia de San Pablo con las de la torre románica de la iglesia de San Martín.

Rodrigo también es consciente de que Valladolid tiene edificios muy importantes del gótico isabelino, pero carece de edificios de un gótico más primitivo. Por ello, consideraría buena idea que sus estudiantes realizaran tareas geolocalizadas en otras ciudades de la región, como León o Burgos. Observa que en LocalizARTE hay definidos

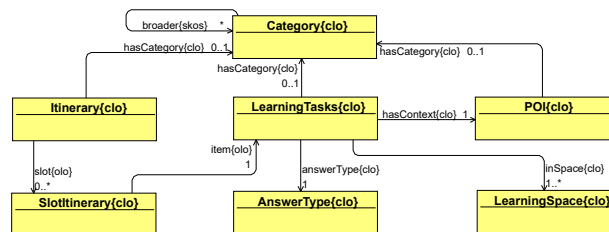


Fig. 1. Visión general de la ontología de LocalizARTE.

bastantes POI con tareas interesantes en esas ciudades que se pueden realizar desde el mapa virtual. Algunas parecen propuestas por profesores de esas mismas ciudades. Con todo, Rodrigo propone a sus alumnos que utilicen LocalizARTE para realizar tareas en cuatro edificios góticos de Valladolid, siendo obligatorio visitar el Colegio de San Gregorio y la iglesia de San Pablo (**itinerario**). También deben realizar tareas en el mapa virtual sobre los edificios góticos de otra ciudad de Castilla y León. A partir de las tareas realizadas (algunas presencialmente, en el espacio físico, y otras virtualmente), los estudiantes entregarán una comparativa de la arquitectura gótica (**portafolio**).

B. Anotaciones soportadas

Los datos de partida que van a ser empleados en este proyecto son los disponibles en Casual Learn SPARQL². Esta información se ha generado a partir de datos del portal de Datos Abiertos de la Junta de Castilla y León, esDBpedia y Wikidata [5]. Los datos de este repositorio se dividieron en tres clases: POI, tareas de aprendizaje y temas. LocalizARTE utilizará una versión extendida de esta ontología cuya estructura general se puede apreciar en la Fig. 1. En la ontología de LocalizARTE se agregan los espacios en los que se pueden realizar las tareas (físico si se tiene que realizar cerca de donde esté ubicado el POI, mapa virtual si se puede realizar desde cualquier lugar a través de un mapa) e itinerarios (serie de tareas de distintos POI). En el Listado 1 se puede ver cómo LocalizARTE llevaría a cabo la inserción en el repositorio, utilizando SPARQL Update [15], de una de las tareas propuestas en el apartado A. LocalizARTE permite a los estudiantes realizar distintos tipos de tareas, lo que influye en el tipo de respuesta esperado (en el ejemplo del Listado 1 la respuesta esperada es una fotografía acompañada de un texto). La gestión de los datos abiertos utilizados en LocalizARTE recaerá sobre su autor, teniendo límites. Por ejemplo, un docente podrá eliminar uno de sus POI siempre y cuando no tenga ninguna tarea asociada.

```
Listado 1. Inserción de una tarea en el grafo de LocalizARTE
with <http://localizarte.gsic.uva.es> insert {
  cld:ColegiodeSanGregorio_describeiconografía
  a clo:LearningTask ;
  clo:answerType clo:PhotoTextAnswerType ;
  clo:hasCategory dbc:Isabelline_architecture ;
  clo:hasContext cld:ColegiodeSanGregorio_4723799 ;
  clo:inSpace clo:PhysicalSpace ;
  rdfs:comment "Realiza una fotografía [...]"@es ;
  rdfs:label "Describe la iconografía"@es .
}
```

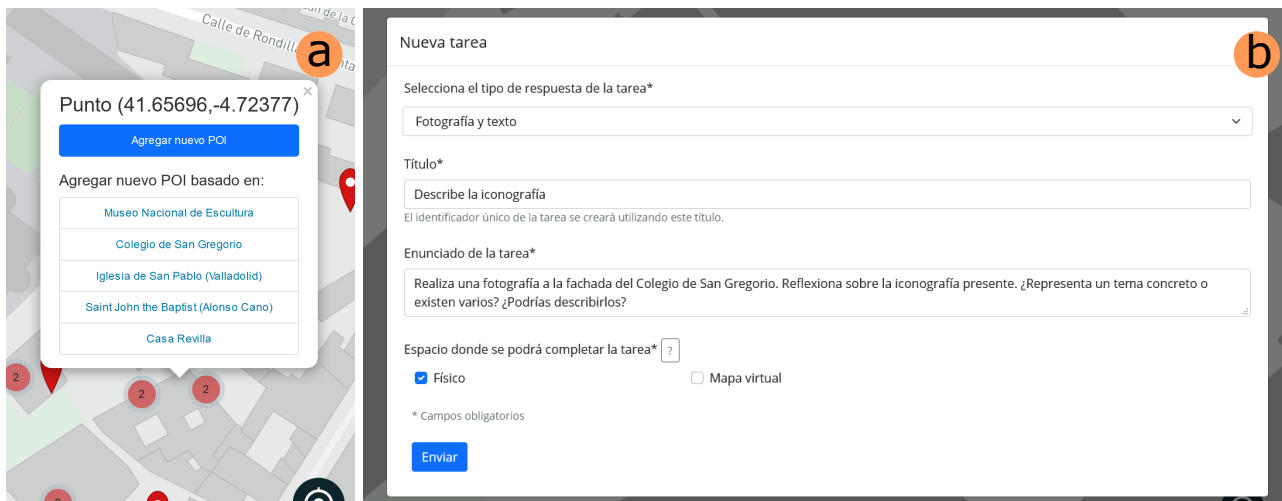


Fig. 2. Recortes de pantalla de LocalizARTE Web. (a) POI disponibles en Valladolid junto con sugerencias para crear un nuevo POI por parte de un docente. Los POI se pueden agrupar en marcadores circulares dependiendo del nivel de zoom y de la distancia entre ellos. El número del marcador indica los puntos agrupados. (b) Anotación de una tarea para el POI Colegio de San Gregorio como se indica en el caso de uso de ejemplo.

Tabla I
 PREFIJOS Y NAMESPACES UTILIZADOS EN ESTE DOCUMENTO.

Prefijo	Namespace
clo:	https://casuallearn.gsic.uva.es/ontology/
clid:	https://casuallearn.gsic.uva.es/data/
dbc:	http://dbpedia.org/resource/Category:
olo:	http://smiy.sourceforge.net/olo/spec/orderedlistontology.html#
rdfs:	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#
skos:	http://www.w3.org/2004/02/skos/core#

C. Arquitectura software

Los usuarios no técnicos pueden tener problemas para ejecutar operaciones como la del Listado 1 por lo que es necesario proporcionarles elementos en la aplicación (Fig. 3) que les faciliten realizar estas acciones. De este modo, siguiendo con el escenario de ejemplo, el profesor Rodrigo accedería al sistema a través de **LocalizARTE Web**, aplicación adaptable que se ejecutará sobre el navegador web. Con ella visualizará los POI y tareas existentes en el sistema a través de un mapa (información recuperada de **LocalizARTE Data** a través de **LocalizARTE Server**). Si decide agregar un POI se le sugerirán una serie de monumentos cercanos al lugar donde quiera añadirlo (Fig. 2a). La información de estas sugerencias se obtiene de datos abiertos de los repositorios de la versión internacional y española de DBpedia. Si decide crear un POI basado en una sugerencia se enlazarán

los nuevos datos de LocalizARTE con los originales. Como en este caso Rodrigo solo quiere agregar una serie de tareas, se le mostrará un formulario como el de la Fig. 2b al pulsar sobre una opción del POI del Colegio de San Gregorio. La solicitud de creación de la tarea llegará a **LocalizARTE Server** a través de una API REST [16] donde se realizará una comprobación de los datos introducidos y de la identidad del usuario. Si todo es correcto, se formará una petición de inserción como la del Listado 1 que se enviará a **LocalizARTE Data** para ser almacenada dentro del grafo de LocalizARTE. Tanto este grafo como el de Casual Learn utilizan la estructura de datos de la ontología SLEek [8].

Los estudiantes de Rodrigo pueden comenzar a realizar las tareas en cuanto las haya terminado de agregar. Como ejemplo, una alumna decide comprobar si su profesor ha agregado nuevas tareas. Para ello se identifica en **LocalizARTE Web** y observa que se ha creado la tarea de la Fig. 2b. Al igual que sucedía en el caso del profesor, **LocalizARTE Web** obtiene estos datos de **LocalizARTE Data** a través de **LocalizARTE Server** con el objetivo de mantener en un único lugar las tecnologías de la Web Semántica. Antes de realizar esta tarea, que precisa encontrarse cerca de la ubicación del POI (espacio físico), la alumna realiza alguna de las otras tareas que puede responder desde cualquier lugar con su ordenador (espacio mapa virtual). Con estas tareas resueltas, decide dar un pase por el centro de la ciudad para llegar hasta la ubicación del POI y cuando está cerca completa con su teléfono móvil la tarea que ha creado Rodrigo.

Las respuestas de la alumna se almacenan en una base de datos privada de **LocalizARTE Server**. Solo ella y su profesor podrán ver las respuestas que ha proporcionado a través de un portafolio. Para ello, la alumna deberá haberse registrado dentro de uno de los cursos de su profesor en LocalizARTE. Rodrigo, además de poder visualizar las respuestas, podrá proporcionar realimentación a su alumna desde la interfaz gráfica de la aplicación.

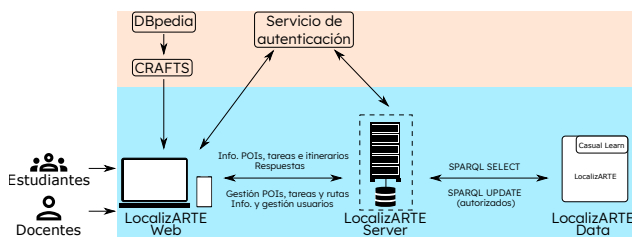


Fig. 3. Arquitectura de LocalizARTE. Sobre un fondo azul se colocan las partes en desarrollo. En naranja los servicios y repositorios externos.

D. Implementación

Puesto que se desea que el cliente de LocalizARTE pueda utilizarlo todo tipo de usuarios se optó por un desarrollo con tecnologías nativas de la Web para que pueda ser ejecutado sobre navegadores web. Para el uso básico de LocalizARTE (búsqueda de información) la interfaz deberá mostrar los POI como una serie de marcadores interactivos sobre un mapa. Al pulsar sobre uno de ellos se mostrará su información junto con las tareas que están agrupadas en ese POI. Estas dos acciones se consiguen solventar a través de las bibliotecas Leaflet (v1.7.1, utilizando el *plugin* `markercluster`³) y Bootstrap (v5.0.1, que permite generar una interfaz adaptable al dispositivo). Los mapas se basan en datos de OpenStreetMap, habiendo creado un diseño personalizado con `mapbox`⁴ para que solo se muestren calles y edificios (evitando distracciones provocadas por otros iconos). El resto de la lógica del cliente se está desarrollando con JavaScript.

Como el cliente va a estar gestionando y solicitando objetos nativos de JavaScript, LocalizARTE Server también se está implementando usando tecnologías de la Web para manipular los mismos tipos de datos. Como entorno de ejecución de JavaScript se está utilizando Node.js que permite la creación de una API REST a través de Express y una instancia de MongoDB para almacenar la información que generen los usuarios.

LocalizARTE Data utiliza Virtuoso Open Source Edition⁵ (v7.2.5) como *middleware* para poder exponer los datos. Desde LocalizARTE Server se crearán, modificarán o eliminarán datos de LocalizARTE utilizando SPARQL Update. Para las comunicaciones con el resto de repositorios se utiliza CRAFTS⁶, que permite simplificar el acceso a la información almacenada en repositorios de triplas.

III. CONCLUSIONES

LocalizARTE es una aplicación que permite anotar y realizar tareas para aprender historia del arte publicadas como datos abiertos en la Web. Esta aplicación posibilita que cualquier docente pueda generar nuevos contenidos sin que sea un experto en tecnologías de la Web Semántica lo que supone una ventaja frente a otras aplicaciones como Casual Learn. Además, es compatible con actividades educativas de varios espacios lo que facilita la construcción de puentes entre los contenidos vistos en clase y el patrimonio cultural del entorno de los estudiantes. Su arquitectura distribuida facilita el acceso ubicuo y controlado a los datos que existan y se generen en la aplicación. Una vez finalizado su desarrollo publicaremos LocalizARTE de manera abierta habiendo realizado previamente un análisis de la capacidad de carga del sistema y su grado de usabilidad. Además, se llevarán a cabo varios proyectos pilotos en centros de Educación Secundaria de la comunidad autónoma de Castilla y León.

³<https://github.com/Leaflet/Leaflet.markercluster>

⁴<https://mapbox.com>

⁵<https://github.com/openlink/virtuoso-opensource>

⁶<https://crafts.gsic.uva.es>

AGRADECIMIENTOS

La investigación aquí reportada ha sido financiada por el FEDER 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] G. J. Hwang y C. C. Tsai, "Research trends in mobile and ubiquitous learning: A review of publications in selected journals from 2001 to 2010," *British Journal of Educational Technology*, vol. 42, no. 4, pp. E65–E70, 2011.
- [2] G. Pishtari, M. Rodríguez-Triana, E. Sarmiento-Márquez, M. Pérez-Sanagustín, A. Ruiz-Calleja, P. Santos, L. Prieto, S. Serrano-Iglesias, y T. Våljataga, "Learning design and learning analytics in mobile and ubiquitous learning: A systematic review," *British Journal of Educational Technology*, vol. 51, no. 4, pp. 1078–1100, 2020.
- [3] L. Cárdenas-Robledo y A. Peña-Ayala, "Ubiquitous learning: A systematic review," *Telematics and Informatics*, vol. 35, no. 5, pp. 1097–1132, 2018.
- [4] J. Greene, B. Kisida, y D. Bowen, "The educational value of field trips: taking students to an art museum improves critical thinking skills, and more," *Education Next*, vol. 14, no. 1, pp. 78–86, 2014.
- [5] A. Ruiz-Calleja, M. Bote-Lorenzo, G. Vega-Gorgojo, S. Serrano-Iglesias, P. García-Zarza, J. Asensio-Pérez, y 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.
- [6] A. Ruiz-Calleja, P. García-Zarza, G. Vega-Gorgojo, M. Bote-Lorenzo, E. Gómez-Sánchez, J. Asensio-Pérez, S. Serrano-Iglesias, y A. Martínez-Monés, "Casual Learn: A semantic mobile application for learning local Cultural Heritage," *Semantic Web Journal*, en revisión.
- [7] T. Heath y C. Bizer, *Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space*. Morgan & Claypool, 2011.
- [8] A. Ruiz-Calleja, M. Bote-Lorenzo, G. Vega-Gorgojo, A. Martínez-Monés, J. Asensio-Pérez, E. Gómez-Sánchez, S. Serrano-Iglesias, y Y. Dimitriadis, "SLEek: An Ontology For Smart Learning in the Web of Data," en *Proceedings of the 21st IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. Texas, USA: ACM, 2021.
- [9] A. Ruiz-Calleja, G. Vega-Gorgojo, M. Bote-Lorenzo, J. Asensio-Pérez, Y. Dimitriadis, y E. Gómez-Sánchez, "Supporting contextualized learning with linked open data," *Journal of Web Semantics*, vol. 70, p. 100657, 2021.
- [10] A. Ruiz-Calleja, M. Bote-Lorenzo, J. Asensio-Pérez, G. Vega-Gorgojo, Y. Dimitriadis, A. Martínez-Monés, E. Gómez-Sánchez, y S. Serrano-Iglesias, "Automatic creation of Moodle activities out of the Web of Data to link formal and informal learning contexts," en *Proceedings of the 8th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. Salamanca, Spain: ACM, 2020, pp. 238–244.
- [11] T. Våljataga y K. Mettis, "Turning zoos into smart learning ecosystems," *Interaction Design and Architecture(s) Journal*, vol. 39, no. 39, pp. 114–133, 2016.
- [12] S. Yu, X. Yang, G. Cheng, y M. Wang, "From learning object to learning cell: A resource organization model for ubiquitous learning," *Educational Technology & Society*, vol. 2, no. 18, pp. 206–224, 2014.
- [13] E. FitzGerald, "Creating user-generated content for location-based learning: an authoring framework," *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 3, no. 28, pp. 195–207, 2012.
- [14] G. Vega-Gorgojo, J. Asensio-Pérez, E. Gómez-Sánchez, M. Bote-Lorenzo, J. Muñoz-Cristóbal, y 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] P. Gearon, A. Passant, y A. Polleres, *SPARQL 1.1 Update*. Disponible en: <https://www.w3.org/TR/sparql11-update/>, última visita en junio 2021
- [16] R. T. Fielding, "Architectural styles and the design of network-based software architectures," Ph.D. dissertation, 2000.