

Realidad Aumentada y Navegación Peatonal Móvil con contenidos Patrimoniales: Percepción del aprendizaje

Augmented Reality and Mobile Pedestrian Navigation with Heritage thematic contents: Perception of learning

Jorge Joo Nagata

Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, UMCE (Chile)

Fernando Martínez Abad

José Rafael García-Bermejo Giner

Universidad de Salamanca, USAL (España)

Resumen

Mediantela creación de una aplicación móvil de aprendizajes sobre elementos del patrimonio, relacionada con la implementación de recursos como son la Realidad Aumentada (RA) y la Navegación Peatonal Móvil (NPM), se han desarrollado procesos de formación en contextos de movilidad, enlazados con la información territorial sobre el patrimonio histórico y cultural correspondientes a las ciudades de Salamanca (España) y Santiago (Chile). El desarrollo del software se enfoca en dos grandes ámbitos: el primero es la determinación de los escenarios territoriales, generando una base de datos que pueda ser utilizada en contextos móviles; el segundo está enfocado en el diseño y el desarrollo de la aplicación RA-NPM, definiendo su arquitectura, funcionalidad, interfaz e implementación. Los resultados son la construcción de un software flexible en un ambiente móvil que permite la presentación de contenidos sobre el patrimonio histórico de las ciudades seleccionadas. De manera complementaria, se realiza la determinación de la efectividad de la aplicación dentro de un contexto de aprendizaje situado y móvil. Desde la percepción de los estudiantes, se evalúa la aplicación móvil y los aprendizajes desarrollados, mediante un instrumento (cuestionario), consultando dimensiones como son el hardware, el software y los contenidos patrimoniales como partes del proceso educativo en un contexto móvil y situado. Los resultados establecen que existe una positiva evaluación en torno a las herramientas y las experiencias implementadas, permitiendo generar nuevas metodologías de aprendizaje mediadas en contextos móviles.

Palabras clave: tecnologías de la información y de la comunicación; sistemas multimedia; uso didáctico del ordenador; percepción; evaluación.

Abstract

By creating a mobile learning app about heritage elements, related to the implementation of resources such as Augmented Reality (AR) and Mobile Pedestrian Navigation (MPN), some training processes have been developed in mobility contexts, linked to the territorial information on the historical and cultural patrimony corresponding to the cities of Salamanca (Spain) and Santiago (Chile). The software development focuses on two major areas: the first is the determination of the territorial scenarios, generating a database that can be used in mobile contexts; the second is focused on the design and the development of the AR-MPN application, defining its architecture, functionality, interface and implementation. The results are the construction of flexible software in a mobile environment that allows the presentation of contents on the historical heritage of the selected cities. In a complementary way, the determination of the effectiveness of the application is carried out within a context of situated and mobile learning. From the students' perception, both the mobile application and the developed learning are evaluated, using an instrument (questionnaire), consulting dimensions such as the hardware, the software and the patrimonial contents as part of the educational process in a mobile and localized context. The results establish that there is a positive evaluation around the tools and the implemented experiences, allowing the generation of new learning methodologies mediated in mobile contexts.

Keywords: information and communication technologies; multimedia system; didactic use of computers; perception; evaluation.

La implementación de herramientas en el ámbito digital como la Realidad Aumentada (RA) llevan desarrollándose en los últimos 25 años (Azuma et al., 2001), fuertemente complementadas con el aumento exponencial de las capacidades de hardware, tanto en dispositivos estacionarios como en los móviles (Joo Nagata, García-Bermejo Giner y Martínez Abad, 2016a). Es, en este último caso, donde se aprecian importantes nuevas funcionalidades, permitiendo un mayor número de actividades relacionadas con la generación de contenidos para RA. Lo anterior se ha visto incrementado con la aplicación de este tipo de tecnología en diversos campos del saber, de los cuales destacan la Educación y el Patrimonio Territorial, en donde se han desarrollado importantes contenidos, generando una nueva forma de presentar y difundir temáticas presentes en el espacio desde un contexto eminentemente situado. Otra de las tecnologías, que se ha visto fortalecida por los avances en la portabilidad que otorgan los dispositivos móviles, ha sido la Navegación Peatonal Móvil (NPM) y la cartografía móvil, permitiendo la visualización de diversos contenidos sobre el territorio, en diferentes temáticas, y con claras consecuencias para los usuarios (Amirian y Basiri, 2016). Por otro lado, el contexto de movilidad y portabilidad en los procesos educativos ha presentado un aumento importante en los últimos tiempos, tanto en escenarios formales como informales (Sánchez Prieto, Olmos Migueláñez y García Peñalvo, 2016). De manera particular, la RA y la NPM se han visto favorecidas con el aumento de la potencialidad de los dispositivos móviles, con claras consecuencias, de manera general, para los procesos sociales y, de manera

particular, en los procesos educativos (Ally y Tsinakos, 2014; Briz-Ponce y Juanes Méndez, 2015). Es en este último escenario en donde se aprecian importantes nuevos recursos, funcionalidades y actividades, lo que ha permitido la incorporación en los procesos educativos, en donde no solo los contenidos son enseñados, sino que también existe el aprendizaje de otras destrezas, relacionadas con la comprensión de la tecnología y el medio en que se desenvuelven los estudiantes (Huang, Schmidt y Gartner, 2012). Un ejemplo de lo anterior corresponde a la implementación de este tipo de tecnología en áreas educativas particulares –como es el patrimonio territorial–, en donde se desarrollan importantes recursos digitales con el fin de mostrar y difundir temáticas presentes en el espacio desde un contexto situado (Hammady, Ma y Temple, 2016). De forma complementaria, las tecnologías se enmarcan en dimensiones mayores como son el Aprendizaje Electrónico (*e-learning*) y el Aprendizaje Móvil (*m-learning*). El *m-learning* se encuentra directamente relacionado con el *e-learning*, pasando a ser una tipología independiente, en donde los procesos de enseñanza y aprendizaje tienen un contexto electrónico-tecnológico, de dinamismo o desplazamiento y de portabilidad que ofrecen ciertos dispositivos con un alto rendimiento en procesamiento y almacenamiento de información digital. De esta manera, el *m-learning* sería una evolución natural del *e-learning*, permitiendo a los estudiantes y usuarios tener un proceso de aprendizaje mediante la tecnología móvil, siendo una primera etapa constitutiva de lo que se entiende como *u-learning* (Conde, Muñoz y García, 2008).

Este trabajo tiene como objetivo la determinación de la percepción de los estudiantes sobre los procesos educativos ligados a la NPM y la RA, enmarcados dentro de la presentación de información territorial sobre el patrimonio histórico y cultural, tanto en contextos *e-learning* como de *m-learning*. La investigación se desarrolla en el contexto de la implementación de NPM-RA para el área educativa, la que podría tener resultados sobre los procesos de aprendizaje y sus diferentes niveles, más allá de la evaluación de los contenidos.

OBJETIVOS

Los objetivos se plantean desde el área tecnológica, su implementación y la evaluación educativa en torno a la percepción de los estudiantes/usuarios. En una primera parte, se realiza la determinación de los requisitos referidos a los contenidos territoriales y patrimoniales, estableciendo los escenarios territoriales y los contenidos a desplegar en la aplicación, teniendo como punto de inicio el análisis espacial y la implementación digital de los datos. En una segunda etapa, se analizarán las herramientas que se utilizan en los contextos de desarrollo de Navegación Peatonal Móvil–Realidad Aumentada (NPM-RA), con el fin de tener un diagnóstico de las implementaciones existentes, sus fortalezas y debilidades. Desde el ámbito educativo, los objetivos se plantean desde el área de la implementación tecnológica, evaluando el proceso de la percepción del aprendizaje de las herramientas utilizadas

en contextos *m-learning* y *e-learning*. De esta manera, se estudian las percepciones que tienen los estudiantes de la aplicación NPM-RA en el contexto de *m-learning/e-learning*, a través de un ejemplo concreto sobre el territorio y el patrimonio. Las percepciones se evalúan a través de un instrumento que mide la percepción de los participantes en torno al proceso de aprendizaje, y contrastando los resultados desde las dimensiones consultadas, las actividades realizadas y los recursos utilizados y traduciéndose en la comparación mediante implementaciones entre países (Chile y España) y estructuras tecnológicas educativas (*e-learning* y *m-learning*). Así, se propone como objetivo general del trabajo establecer si existen diferencias significativas entre las nacionalidades de los participantes o el recurso utilizado, y los resultados en la apreciación de las actividades realizadas (tratamiento).

CONTEXTO TEÓRICO

El contexto teórico, que delimita el ámbito tecnológico propuesto, se encuentra definido por las capacidades en NPM y RA de los dispositivos móviles, y su posibilidad para lograr adecuados procesos de formación relacionados con el ámbito territorial sobre el patrimonio histórico y cultural. La correcta representación territorial y sus contenidos es requisito fundamental en el desarrollo de la interfaz de usuario y también en el despliegue de los datos en un contexto de NPM-RA (Joo Nagata, 2013). Los hallazgos tienen un impacto significativo en los diseños finales de la aplicación y su estructura para el aprendizaje sobre patrimonio. Por otra parte, desde la presentación de los contenidos temáticos de los datos patrimoniales obtenidos, la aplicación se encuentra contextualizada dentro del modelo conocido como *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)* (Edwards y Nuttall, 2015; Mishra y Koehler, 2006; Shulman, 1986) en donde se identifica los tipos de conocimientos que se necesita dominar para incorporar de manera adecuada las tecnologías en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Complementariamente se encuentra el modelo de *Objetos de Aprendizaje –OA–* (Hori et al., 2016; IEEE Learning Technologies Standards Committee, 2005; Kurilovas, Kubilinskiene y Dagiene, 2014), el cual se define como cualquier entidad digital o no digital que es utilizada para los procesos de enseñanza-aprendizaje. Estos modelos sitúan los contenidos territoriales propuestos en los escenarios reales con la temática patrimonial existente e implementándolos en la aplicación desarrollada con fines educativos.

El desarrollo de la aplicación RA-NPM fue establecido siguiendo el “ciclo de vida del desarrollo de software” (Elliott, 2004; Montilva, Arapa y Colmenares, 2003), utilizando la variante conocida como Modelo de Cascada, en la cual se estructura la aplicación informática en una serie de fases que se implementan de manera secuencial (Joyanes Aguilar, 2008; Whitten y Bentley, 2007), y que permiten cumplir con los objetivos planteados desde la dimensión informática de la investigación. La complejidad de esta etapa se encuentra enmarcada por el contexto en que se

producen los sistemas de información existentes, lo cual permite una adaptabilidad e interoperabilidad de la estructura de datos que se quiere utilizar, genera eficiencia que permite el adecuado manejo de los recursos y facilita su posterior mantenimiento.

Realidad Aumentada en contextos móviles

La RA como tecnología de visualización de datos lleva más de 25 años de desarrollo (Azuma et al., 2001; Joo Nagata, García-Bermejo Giner y Martínez Abad, 2016b), permite la fusión de información de elementos del mundo físico-real, con representaciones virtuales y digitales en una única interfaz (figura 1).

Figura 1. Modelo de RA del Palacio de la Moneda en Santiago de Chile



Una de las variantes de la RA es su posibilidad de portabilidad con los dispositivos móviles, lo que otorga un contexto de movilidad, que permite la lectura y creación de actividades ubicuas, sin las limitaciones espaciales de los equipamientos y los lugares fijos, ni la necesidad de entornos cuidadosamente acondicionados para su correcto funcionamiento, en donde la localización espacial (figura 2) toma importancia en la lectura de los datos (Aurelia, Raj y Saleh, 2014; Aydin, Gensel, Genoud, Calabretto y Tellez, 2013; Jamali, Shiratuddin y Wong, 2014).

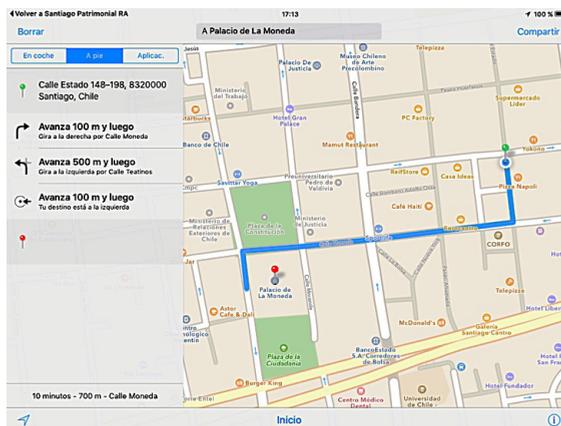
Figura 2. RA móvil presentando datos espaciales



Sistema de Navegación Peatonal Móvil (NPM)

La NPM es un sistema de navegación en un contexto de portabilidad móvil, en donde la información territorial es proporcionada por un dispositivo móvil conectado a los datos digitales y la situación de ubicación del usuario (Chou y ChanLin, 2012; Joo Nagata, García-Bermejo Giner y Muñoz Rodríguez, 2015; Pei, Cai y Shi, 2013). Estos sistemas se implementan mediante un *framework* complementario que se ejecuta en el dispositivo móvil (figura 3), y que permite la lectura de los datos digitales y de navegación (GNSS).

Figura 3. Modelo de navegación en tableta



Utilizando los sensores propios de la tableta y complementando con las capacidades multimedia del aparato, es posible iniciar un proceso de navegación, visualizando información de los lugares de interés. De esta manera, es posible la adquisición de tres niveles espaciales de conocimiento: referencia del medio, secuencia territorial del saber mediante rutas, y sondeo contextual del conocimiento en un marco espacial general (Huang et al., 2012; Pei et al., 2013; Siegel y White, 1975).

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la investigación se han propuesto 2 ámbitos metodológicos, los que abarcan desde la arquitectura y el desarrollo del software respectivo, la evaluación de la percepción de la aplicación en contextos educativos, la recopilación de datos y el análisis cuantitativo del proceso educativo planteado en el marco *m-learning/e-learning*. También se tienen en consideración los aspectos referidos a la consulta de fuentes secundarias y de antecedentes teóricos que permitan el logro de los objetivos y que enmarcan el desarrollo de la investigación, entendida como una actividad científica con claros lineamientos formales.

a. Diseño de la herramienta informática *m-learning* educativa

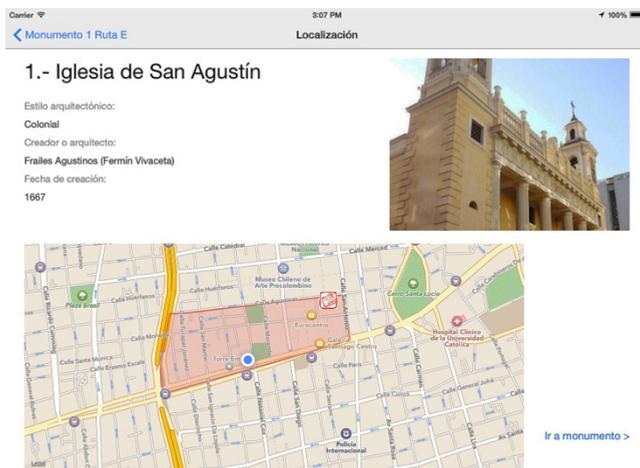
En términos generales, el objetivo de esta etapa es determinar el tipo de herramienta informática a desarrollar, que, en un contexto de movilidad, permita la presentación de contenidos patrimoniales y territoriales con el fin de establecer su potencialidad como herramienta didáctica en procesos educativos situados, propios de las actividades que se generan en trabajos de campo. Dicha etapa se encuentra dividida en seis fases de desarrollo e implementación: selección de requisitos para el desarrollo de la aplicación, análisis de requisitos o especificación de requisitos de software, diseño de software, implementación, verificación y mantenimiento.

1. Selección de requisitos para el desarrollo de la aplicación

En esta fase se tienen en consideración dos etapas: La primera, con los datos de entrada de la aplicación móvil, correspondiente a la información patrimonial, espacial y educativa de los inmuebles y zonas territoriales. Esto incluye su definición informática (valores válidos, tipo de estructura de datos, forma de almacenamiento e interoperabilidad) y la información adicional (modelos de RA, imágenes, textos, datos). La segunda etapa con los datos de salida: para la visualización de la información mediante una interfaz de usuario gráfica desarrollada para un contexto móvil y situado, adaptando los contenidos entregados a los diferentes escenarios patrimoniales que se quieren utilizar (figura 4). De manera paralela, utilizando los

sensores propios del dispositivo móvil, es posible obtener información sobre el uso y la situación temporal-espacial de los recursos multimedia presentados, permitiendo su posterior relación con el contexto educativo.

Figura 4. Interfaz gráfica del usuario en un contexto móvil



2. Análisis de requisitos o especificación de requisitos de software

En esta etapa se procedió a la especificación particular de los requisitos de software, haciendo un análisis de las opciones que existen en la actualidad en materia de RA y mapas (navegación). Para ambos tipos de herramientas existen un conjunto de utilidades, características para el despliegue de la información, que se adaptan a ecosistemas informáticos particulares. Es así que, dentro de este análisis, se tuvieron en cuenta diferentes aspectos de los SDK sobre RA y mapas, particularmente dentro de un contexto iOS con el fin de obtener las herramientas adecuadas para el desarrollo e implementación de la aplicación propuesta.

3. Diseño del software

En esta etapa se utilizó el entorno de desarrollo integrado (IDE) Xcode a través de los lenguajes *Objective-C* y *Swift*, complementado con la implementación de los *frameworks* respectivos para la generación del *software* en un ambiente móvil iOS (Allan, 2012; Hillegass y Conway, 2013; Hollemans, 2015; Mathias y Gallagher, 2015), y los *frameworks* específicos utilizados para la elaboración de la aplicación (tabla 1).

Tabla 1. Frameworks para la implementación de la aplicación RA-NPM

Nombre	Descripción	Implementación
<i>UIKit</i>	Colección de clases orientada al despliegue de la interfaz gráfica de usuario que se utiliza en iOS.	Escenas, tablas, transiciones y bibliotecas de objetos en general.
<i>MapKit</i>	Entrega una interface para la incorporación de mapas directamente en la aplicación.	Mapas incrustados, puntos de interés y superposición de las regiones de interés.
<i>CoreLocation</i>	Determina la localización del dispositivo, utilizando los elementos de hardware incorporados.	Localización y rumbo de actividad.
<i>Metaio SDK</i>	Despliegue de elementos de RA.	Escenas de RA con los modelos de los edificios patrimoniales.

La aplicación se basa en una arquitectura que está orientada a la encapsulación y la herencia del código, determinando las fortalezas y oportunidades en un ambiente altamente dinámico y cambiante (Cox y Novobilski, 1993).

4. Implementación

En la implementación de la aplicación, los lenguajes utilizados fueron *Objective-C* y *Swift 2.2*. En un comienzo, el desarrollo de la aplicación *Objective-C* se planteaba como la *lingua franca* de desarrollo que Apple implementó para todos sus dispositivos y las bibliotecas de *Cocoa* y *Cocoa Touch* se encuentran ampliamente desarrolladas en dicho lenguaje, facilitando su depuración e implementación en el desarrollo del código (Hillegass, 2011; Hillegass y Conway, 2013; Mathias y Gallagher, 2015). De la misma manera, su compatibilidad con bibliotecas y estructuras del lenguaje C hacen que el desarrollo sea expedito y claro. La aparición de Swift marca un importante hito para el desarrollo de Apple, ya que la compañía ha implementado un lenguaje seguro con el desarrollo de elementos definidos y la eliminación de código inseguro; flexible en el contexto de la programación multi-paradigma (Orientado a Objetos, funcional, imperativo y estructurado en bloques), dinámico y extensible que puede coexistir e interoperar con elementos de *Objective-C*. (Apple Inc., 2016; Hollemans, 2015).

5. Verificación

Las etapas de prueba fueron ejecutadas de manera paralela durante el desarrollo del *software*, comprobando cada estructura por separado (interfaz en iOS, mapas-navegación, RA e información patrimonial) y, posteriormente, en su conjunto con el

desarrollo preliminar de una beta de prueba. Con esta versión de la aplicación y con el fin de alcanzar los objetivos propuestos en el ámbito empírico de la investigación con el trabajo de campo, se procedió a realizar las pruebas respectivas, teniendo énfasis en tres aspectos particulares: En lo referido al acceso a datos de Internet (conectividad); Verificación de los niveles de precisión de las tabletas y corrección de errores derivados de la visualización de datos.

6. *Mantenimiento*

Para el caso de esta aplicación, el mantenimiento se encontrará referido a dos importantes secciones: mantenimiento programado y las acciones debidas a errores imprevistos.

b. Implementación, desarrollo y evaluación educativa de las herramientas

Una segunda fase correspondió a la evaluación educativa de la herramienta generada en la etapa anterior, teniendo en cuenta las siguientes características:

1. *Delimitación de los contextos territoriales mediante el patrimonio*

Desde el contexto territorial y patrimonial, se utilizó información secundaria proveniente de bases de datos espaciales georreferenciadas oficiales para las ciudades de Santiago de Chile y Salamanca, España (Consejo de Monumentos Nacionales de Chile, 2015; Junta de Castilla y León, 2010). Debido a la gran cantidad de datos existentes para cada área de estudio, se realizó una selección de los inmuebles y lugares para el desarrollo del contexto temático patrimonial de las implementaciones educativas y tecnológicas. Se ha recopilado y desarrollado información territorial, empleando una ficha evaluada por 11 especialistas de diversas áreas, especializaciones y contextos relacionados con la temática a utilizar: profesores, historiadores, antropólogos, geógrafos y arquitectos. Todos ellos hicieron posible una correcta definición contextual del instrumento de recopilación de datos para su posterior implementación educativa e informática.

2. *Implementación informática de las actividades educativas*

En esta etapa, se determinó el tipo de herramienta informática a utilizar, tanto en un contexto de movilidad, como en escenarios tradicionales, los cuales deben permitir la presentación de contenidos patrimoniales y territoriales. Para la experiencia de *e-learning* se utilizó el programa *eXeLearning 2.0.4* que permite la

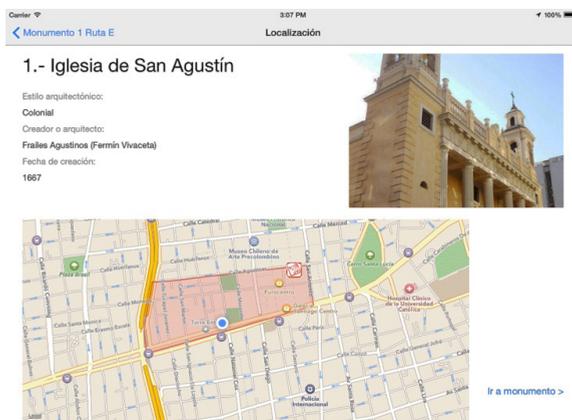
creación y publicación de contenidos educativos en un formato HTML (figura 5). Para el caso de la NPM en el contexto de ordenadores de escritorio (PC Desktop), fueron utilizados los *softwares Google Maps* para los mapas y *CloudsCities* para modelos digitales de terreno. Para los elementos de RA, se utilizaron modelos realizados para el *software Junaio*, pero con la utilización de webcam en un entorno de PC de escritorio.

Figura 5. eXeLearning implementado para la experiencia educativa en e-learning

The screenshot shows a web-based learning interface. At the top, there is a navigation bar with 'Anterior' and 'Siguiente' buttons. The main header reads 'Santiago Patrimonial' and 'Sector sur de la ciudad de Santiago: Barrio Cívico.' Below this, there is a 'Bienvenido a Santiago Patrimonial' section and a 'Actividad de lectura' icon. A table of contents on the left lists nine items, with the first item, 'Iglesia de San Agustín', highlighted. The main content area is titled 'Introducción' and features a photograph of a large, ornate building with a clock tower. Below the photo, there is a paragraph of text describing the historical significance of the area. At the bottom of the page, there is a Creative Commons license notice: 'Obra publicada con Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0'.

Para el grupo de *m-learning*, se desarrolló la aplicación RA-NPM en un ecosistema portable y móvil (tabletas *iPad*), complementando con la implementación de los *frameworks* respectivos: *Apple Maps* para el sistema de visualización espacial y georreferenciación –*Mapkit* y *Location Manager*– y *Junaio* para el despliegue de los recursos de RA (Mathias y Gallagher, 2015), soportando en el sistema operativo iOS (figura 6).

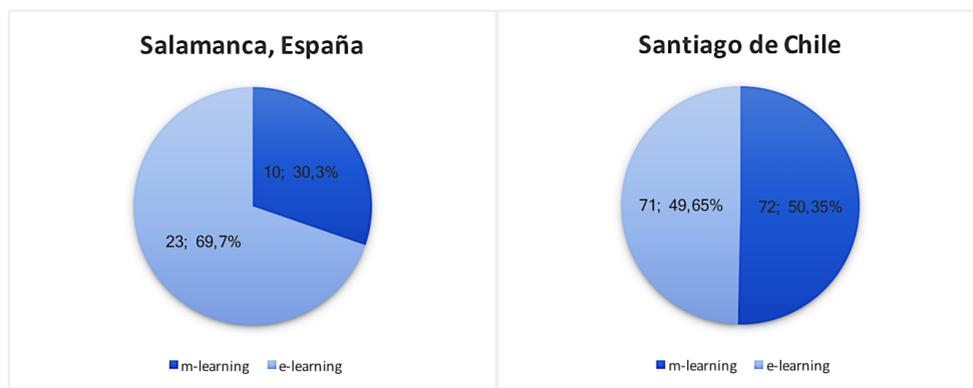
Figura 6. Interfaz gráfica del usuario en un contexto móvil



3. Población y muestra

La muestra utilizada para la investigación está compuesta por 176 sujetos de los cuales 82 participaron en el trabajo de campo (*m-learning*) y 94 en el trabajo de aula (*e-learning*). Los estudiantes pertenecen a centros educativos de la ciudad de Santiago de Chile ($n = 143$) y Salamanca, España ($n = 33$). La muestra se divide en participantes en la actividad *m-learning* o tratamiento ($n = 82$) y estudiantes de las actividades de control o *e-learning* ($n = 94$) para ambos países (figura 7).

Figura 7. Distribución de la muestra por país y tratamiento



4. Instrumento de evaluación

Para medir la percepción en torno a estas actividades, se realizó un análisis y valoración de la satisfacción de los alumnos mediante un cuestionario aplicado, una vez finalizada la experiencia educativa. Dicho instrumento correspondió a una encuesta de satisfacción validada y utilizada en otras investigaciones (Favier y van der Schee, 2012) acerca del ejercicio realizado en un contexto TIC, los materiales utilizados, los contenidos propuestos y su respectiva implementación (tabla 2).

Tabla 2. Instrumento de evaluación utilizado

Pregunta	Dimensión
1. No me encuentro cómodo(a) usando la aplicación.	Aplicación – Implementación
2. La aplicación me entrega confianza en el uso de las tabletas (o PC).	Hardware
3. Es fácil navegar dentro de la aplicación utilizada	Aplicación – Implementación
4. La información desplegada en la aplicación no siempre es precisa.	Aplicación – Contenidos
5. La aplicación me ha dado una positiva impresión de los contenidos sobre patrimonio.	Aplicación – Contenidos
6. La aplicación me ha entregado información importante para mi aprendizaje.	Aplicación – Contenidos – Implementación
7. El diseño gráfico de la aplicación no es visualmente atractivo.	Aplicación – Implementación
8. Es difícil utilizar la aplicación.	Aplicación – Implementación
9. Me fue entregada información suficiente para el uso de la aplicación.	Aplicación – Implementación
10. Me gusta la información que despliega la aplicación.	Aplicación – Contenidos

Los tipos de preguntas planteadas tienen como posible respuesta una escala Likert con 5 niveles, que van desde el “muy de acuerdo” (5) al “muy desacuerdo” (1). La fiabilidad de este instrumento, mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, adquiere un valor de 0.765, lo que para la valoración de algunos autores parece ser suficiente para un análisis exploratorio estándar (Loewenthal, 1996; Nunnally, 1978).

Análisis de los datos

Se aplicaron una serie de técnicas estadísticas de carácter exploratorias (descriptivo, correlacional, e inferencial), a partir de los resultados obtenidos en

el cuestionario. En una primera parte, se realizó la determinación de las funciones de densidad para comprobar el ajuste de la muestra a una distribución normal. Adicionalmente, la aplicación del test de Levene que permite contrastar la bondad de ajuste con respecto a la homocedasticidad o homogeneidad de varianzas (Martínez Abad, 2013). Posteriormente, se realizó un análisis exploratorio de los datos con la posición –percentiles–, medidas de dispersión –varianza, desviación típica, rango y coeficiente de variación– y medidas de forma de la muestra –asimetría y curtosis– (Hernández et al., 2010). Para establecer el grado de concordancia existente entre los datos obtenidos y una distribución normal, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov a los valores muestrales obtenidos. Finalmente, para los contrastes de hipótesis, se realizó la aplicación de pruebas paramétricas utilizando la *t* de *Student*, en caso de que los datos presentaran una distribución normal, con el fin de comparar la dependencia o independencia de dos variables (Hernández et al., 2010).

RESULTADOS

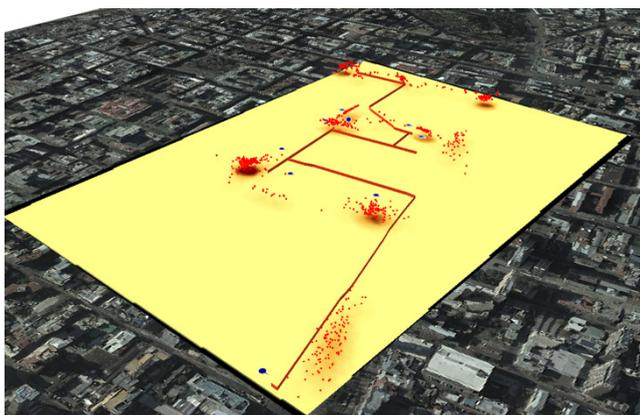
Resultados de la fase de diseño de la herramienta informática

En un primer momento, se ha pensado que la aplicación sea utilizada en un contexto educativo formal, dentro de las actividades propias de los centros educativos y en los contenidos de enseñanza, por lo que los usuarios finales son alumnos en edad escolar y maestros/profesores que necesitan un recurso didáctico enmarcado en un contexto TIC. Sin embargo, debido a los contenidos y estructuras de datos que se plantean en su diseño, es posible llegar a un público general interesado en el tema patrimonial, educativo o turístico de las ciudades elegidas para la experiencia, el cual podría ser abordado mediante las tiendas virtuales presentes en la actualidad. Dentro de la metodología de la enseñanza, la aplicación se enmarca dentro de un contexto de *m-learning*, en el cual se han elegido las tabletas como dispositivo de implementación de los contenidos, teniendo los siguientes elementos para su justificación: A diferencia de un ordenador portátil, un dispositivo móvil permite una mejor movilidad debido a su tamaño, y la potencia de hardware, que tienen los dispositivos móviles, permite el despliegue de contenidos similares a los visualizados en un ordenador. En cuanto a la especificación de los requisitos del sistema, al no existir implementaciones nativas en iOS para la implementación de la AR, se eligió utilizar el SDK que mejor se adaptaba a los requisitos para la aplicación –*Metaio*–, el cual presentaba un marco de desarrollo en AR consistente en diferentes componentes de despliegue y visualización en renderizado, captura y rastreo de información visual. En cuanto a la implementación cartográfica digital y la NPM, la utilización de *Apple Maps*, al ser un *framework* nativo, permite su fácil incorporación en un contexto de desarrollo, tanto en lenguajes como *Swift* u *Objective-C*, facilitando la

interoperabilidad de los datos dentro del contexto móvil, y adecuándose con facilidad a la estructura del hardware utilizado.

En el diseño de software, la aplicación desarrollada implementa cuatro elementos de interacción: Una visión territorial general de la ruta propuesta, que se visualiza en un mapa digital (*MapKit* en un entorno iOS-iPad); una adaptación automática de la visión territorial dependiente de la posición del dispositivo (*MapKit* y *CoreLocation*); la posibilidad de generación de diversas escalas de representación espacial según los requisitos del usuario (*MapKit*), y la posibilidad de la visualización y consulta de otros fenómenos urbanos representados (*Cocoa Touch* y *Metaio*). La aplicación permite la escritura de datos de localización de los usuarios durante su uso (localización y rumbo en el desplazamiento, recurso informático utilizado), obteniendo mediciones que se realizan en segundo plano en relación con la interfaz implementada, las consultas realizadas, la conectividad utilizada, el traspaso de datos, la localización de los usuarios y la dirección de desplazamiento y, permitiendo el análisis territorial del funcionamiento (figura 8).

Figura 8. Modelo espacial de los datos obtenidos de la aplicación



En la etapa de verificación, los tres aspectos establecidos fueron revisados de manera paralela: En lo referido al acceso a datos de Internet (conectividad), a pesar de que la mayor parte de la información (multimedia, modelos de AR, datos de localización de recursos) forma parte de la aplicación, algunos elementos como los mapas requirieron conexión a datos de servidores en Internet, el cual fue obtenido mediante la utilización de las redes 3G/4G y *WiFi* disponibles.

En cuanto a la verificación de los niveles de precisión espacial de los dispositivos, se consideró la verificación de los niveles de precisión métrica de los datos georreferenciados derivados del sensor GPS presentes. A pesar de que los *iPads* cuentan con tecnología *GPS*, lo que permite la mejora de los valores obtenidos de

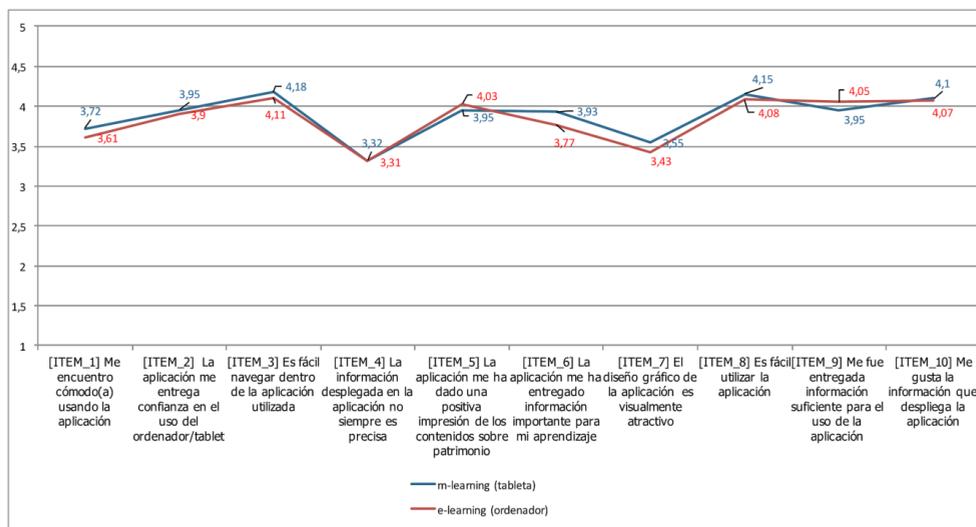
localización, existen errores en los datos derivados de diferentes fuentes, como son el ruido por la distorsión en las radiofrecuencias o el efecto multitrayectoria (relacionado con superficies reflectoras como edificios y zonas urbanas). En pruebas de campo, se han determinado márgenes de error de 15 metros en la lectura de los datos, valores que se consideran en el momento del procesamiento de la información georreferenciada.

Tanto en la corrección de errores derivados de la visualización de datos como en los trabajos de verificación de la aplicación, se puso el énfasis en el correcto despliegue de información sobre los hitos y los lugares de patrimonio, además de la funcionalidad de los recursos multimedia incorporados a la aplicación. Finalmente, en el mantenimiento de la aplicación, se han realizado las labores del mantenimiento programado, con las adaptaciones respectivas derivadas de cada nueva actualización de sistema operativo (la aplicación comenzó a desarrollarse en una versión iOS 5.1 basadas en GUI .XIB hasta la actual 9.2.1, estructurada en *storyboards*), implementando métodos depurados y corrigiendo los métodos desaconsejados para cada versión de *software*. En cuanto a los errores imprevistos, la aplicación cuenta con un registro de eventos de funcionamiento que dirige la información a un archivo .log, el cual informa de los errores y fallos que existen derivados de su funcionamiento. A diferencia del mantenimiento programado, este tipo de correcciones se realiza en el momento en que se detecta algún inconveniente dentro del desarrollo creado.

Resultados de los niveles de satisfacción de la aplicación y su contraste

Dentro del contexto educativo del *m-learning* de la investigación, y desde los resultados obtenidos a partir de la escala de satisfacción, es posible observar que el ítem que presenta una mayor aceptación entre los sujetos participantes corresponde al nº 3 (“*Es fácil navegar dentro de la aplicación utilizada*”). Este se encuentra referido a la facilidad de navegación dentro de la aplicación creada. Estos resultados son seguidos por el ítem 8 (“*Es fácil usar la aplicación*”), lo que entrega indicios sobre la usabilidad del dispositivo y del programa en un ambiente móvil. Los ítems con menores puntuaciones (ítems 7 y 4) se encuentran referidos a los recursos gráficos de los contenidos, aunque los valores obtenidos no indican una desaprobación, sino más bien a un sentido de indiferencia en los elementos de despliegue de la aplicación móvil (figura 9).

Figura 9. Resultados encuesta de satisfacción según tratamiento

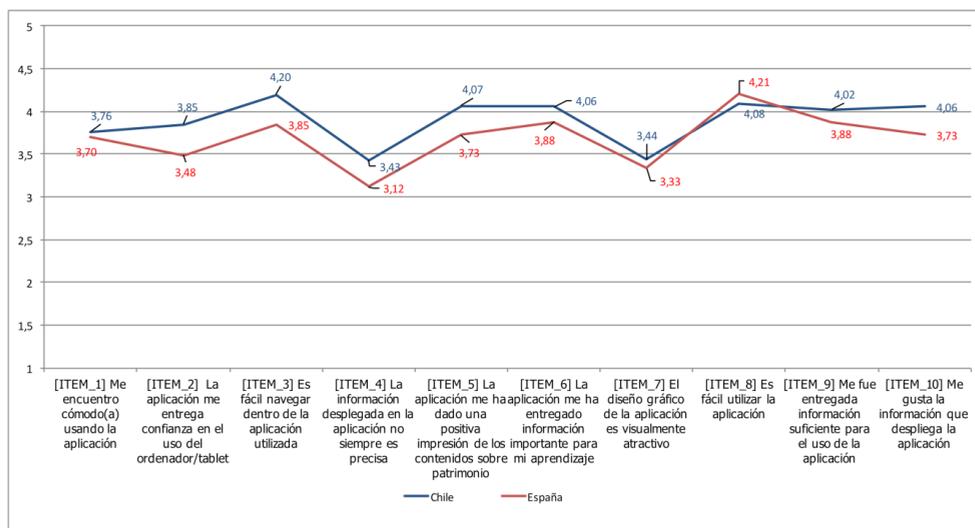


Quando se evalúan los niveles de satisfacción con la experiencia *e-learning*, el ítem que presenta un mejor rendimiento corresponde al n^o 6, relacionado con el proceso conjunto de la implementación educativa realizada (“*La aplicación me ha entregado información importante para mi aprendizaje*”). Para complementar los análisis, se ha realizado la prueba t para dos muestras independientes, utilizando los valores totales para cada ítem de la escala, con el fin de obtener información relevante sobre si existen diferencias estadísticamente significativas en la percepción de las herramientas, según el tipo de experiencia educativa realizada (*m-learning* o *e-learning*). Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov a la muestra, en donde la significancia obtenida de los datos es igual a 0.207, con una media de 39.031 y una desviación típica de 6.626, lo cual se traduce en una distribución normal de los valores obtenidos. Aplicando la prueba estadística de Levene, los valores establecen que se cumple el requisito de homocedasticidad de los datos ($F < 0.001$; $p = 0.982$), teniendo como resultado la aceptación de la hipótesis nula en la prueba de t ($t = 0.390$; $p = 0.697$). Esto implica que no existen diferencias significativas en las percepciones del grupo *m-learning* versus los de tratamiento con *e-learning*. Ambos tratamientos implementados presentan niveles similares en la percepción de los alumnos en torno a las experiencias educativas realizadas (figura 9).

Quando se realiza una comparación en función del país de cada alumno que participó en alguna de las actividades educativas (figura 10), se puede observar que los alumnos de Chile tienen mayores puntuaciones positivas en torno a los recursos y contenidos utilizados en las experiencias. El único ítem, en donde se observa

diferencias en estas tendencias, corresponde al nº 7, lo que se podría explicar por el grado de penetración que tienen estas tecnologías en cada país, siendo para el caso de España, tecnología de uso cotidiano y, para el caso chileno, implementaciones novedosas e innovadoras lo cual se expresa en los resultados que se generan. Estadísticamente, los valores de homocedasticidad de la prueba de Levene se cumplen ($F = 1.014$; $p = .326$), con lo cual, los resultados de la prueba t obtenidos son $t = 1.695$ y $p = .092$. Esto se traduce en que no existen diferencias significativas en los resultados de percepción obtenidos y el país en donde fue realizada cada experiencia educativa. Los resultados estadísticos conseguidos en el p-valor obtenido se acercan a valores significativos, por lo que las evidencias en esta afirmación no son suficientemente definitorias.

Figura 10. Resultados encuesta de satisfacción según país



DISCUSIÓN

Los últimos avances en materia de tecnología móvil y en elementos de desarrollo programático han permitido aumentar, hasta niveles nunca antes vistos, las funcionalidades y operaciones que presentan estos aparatos. De esta manera, se han abordado tres de estos componentes para situarlos, en su conjunto, en un contexto de movilidad que otorgan las tabletas, particularmente en lo referido a tecnología iPad. Un primer componente, que se plantea como base del sistema de la aplicación móvil desarrollada, se encuentra referido al conjunto de *frameworks* conocido como *Cocoa Touch*, el cual permite la operatividad de los datos, la implementación de la

interfaz del usuario y a la interacción de otros componentes que son implementados en la aplicación. Los siguientes *frameworks* componentes del sistema elaborado – *MapKit* y *CoreLocation*– para la NPM y la cartografía digital permiten la interacción físico-espacial del dispositivo, entregando información de localización e informando visualmente por medio de un mapa, de estos datos, permitiendo la interactividad entre sensores de posición, usuario e interfaz gráfica. Además, mediante estas herramientas, la implementación del sistema de navegación en función de los datos y recursos patrimoniales previamente obtenidos, en conjunto con la interacción de los otros elementos informáticos del sistema, permitió la adecuada relación entre presentación y despliegue de los datos. Un último módulo fue la inclusión de los recursos de RA, los cuales fueron implementados mediante el *framework Metaio*, debido a su facilidad de incorporación (lenguaje iOS *Objective-C*), la capacidad de leer objetos 3D desde formatos gráficos genéricos (modelos .DAE y .SKP). Además, su metodología de reconocimiento óptico supera la lectura de imágenes o códigos QR, permitiendo realizar el proceso mediante el reconocimiento de formas o con información geolocalizada. Desde la perspectiva propia del desarrollo, la aplicación creada ha presentado diversos cambios y actualizaciones, siendo una de las derivaciones propias de la situación en torno al avance informático, cada vez más vertiginoso y rápido, pero con implementaciones que enriquecen los productos que se plantean. El cambio más significativo fue en torno al uso del lenguaje de desarrollo que, en un primer momento, se planteó en *Objective-C*, con todas las funcionalidades de la programación orientada a objetos y *lingua franca* de la estructura general de los productos Apple (Bennett, Fisher y Lees, 2010; Hillegass, 2011; Hillegass y Conway, 2013). El cambio radical, que se hizo también presente en el desarrollo de la aplicación, fue la aparición de un nuevo lenguaje de implementación propuesto por Apple, Swift 1.0, multiparadigma y con programación funcional, lo que permitió la flexibilización del código utilizado, la reducción del número de clases y objetos, y el desarrollo del primer paso para un concepto de interoperabilidad real de los datos con la lectura de archivos externos para la definición de los contenidos.

Desde el plano estadístico, los valores obtenidos establecen que las implementaciones informáticas tuvieron una alta aceptación entre los estudiantes participantes, no existiendo diferencias significativas entre los casos de Chile y España, aunque es posible percibir que las diferencias existentes podrían ser debido al nivel socioeconómico de los participantes, a la penetración tecnológica presente en cada país y la accesibilidad a los recursos tecnológicos. Desde estos posibles factores, los alumnos de Chile presentan un mayor nivel de satisfacción en el uso de las herramientas informáticas implementadas, percibiéndolas como herramientas innovadoras y originales contextualizadas en una actividad educativa, superando el uso informal y cotidiano con que se les relaciona. De la misma manera, no se presentaron diferencias significativas en el nivel de satisfacción de los alumnos que realizaron la experiencia desde una tableta respecto a los de ordenador, ya que los mismos recursos (particularmente en los referidos a la RA y los mapas digitales),

se presentaron en ambas implementaciones, siendo el punto diferenciador el contexto situado mediante el trabajo de campo. También es posible destacar que los elementos que tuvieron una menor valoración fueron los referidos a la precisión de la información desplegada y al diseño gráfico de las aplicaciones implementadas, aunque estos resultados se situaban cerca del valor “indiferente” (“Ni de acuerdo” – “ni en desacuerdo”). Por otro lado, los ítems, que tienen mejores percepciones, se encuentran referidos a la usabilidad de los programas (ítem 8) y la facilidad de la navegación dentro de los contenidos (ítem 3). En síntesis, la percepción general de los alumnos participantes se encuentra en torno a un valor nominal “de acuerdo” a todas las afirmaciones planteadas en el instrumento, traducándose en un resultado positivo desde el ámbito de la satisfacción por la actividad (tratamiento).

CONCLUSIONES

La RA y la NPM, además de la incorporación en contextos *m-learning* y *e-learning*, son prometedoras tecnologías que entregan a los estudiantes un valor agregado a sus procesos de aprendizaje, desde la percepción en torno a las implementaciones que se realizan con tecnología. Desde el ámbito de la aplicación, la utilización de información temática patrimonial puede ser interoperable en diferentes tipos de tecnologías y contextos educativos, generando recursos digitales para el aprendizaje. Sin embargo, se hace necesario el establecimiento de la normalización estructural de la información implementada, con la incorporación de elementos y formatos establecidos, como son los estándares de datos para RA y para la información espacial digital (Environment Research System Investigation, 2008; Open Geospatial Consortium, 2006, 2013). Esta estandarización se encuentra en una estructura XML de datos, lo que facilitaría la interoperabilidad entre plataformas, la generación de recursos digitales y su almacenamiento. Lo anterior facilitaría la creación, implementación y distribución de contenidos digitales para su utilización en el ámbito educativo.

Desde los resultados estadísticos, los valores generales obtenidos establecen que las implementaciones informáticas tuvieron una alta aceptación entre los alumnos, percibiéndolas como herramientas innovadoras y originales contextualizadas en una actividad educativa, superando el uso informal y cotidiano con que se les relaciona, confirmando lo que se presenta en otras investigaciones (Martín Gutiérrez et al., 2010). En síntesis, la percepción general de los alumnos participantes se encuentra en torno a un valor nominal “de acuerdo” a todas las afirmaciones planteadas en el instrumento, traducándose en un resultado positivo desde el ámbito de la satisfacción por la actividad, por encima de los indicadores de aprendizaje obtenidos en etapas anteriores. Una limitación de este apartado se relaciona con la determinación de otros factores que afectan a los resultados obtenidos, más allá de la implicación de los tratamientos realizados.

De esta manera, según la percepción de los estudiantes sobre la implementación temática y territorial en contextos *m-learning* y *e-learning*, es posible trabajar un

diseño de una experiencia educativa sobre contenidos patrimoniales en el territorio, con amplios resultados positivos. Recursos digitales como la RA, la navegación peatonal y los mapas digitales en dispositivos como tabletas y ordenadores han demostrado tener una buena aceptación por parte de los estudiantes en los procesos de aprendizaje de contenidos y elementos patrimoniales locales. En esta investigación, tanto los procesos *m-learning* como de *e-learning*, alcanzan positivas percepciones, no existiendo diferencias estadísticamente significativas en los grupos de contraste.

Una de estas investigaciones se relaciona con la determinación de otros factores que afectan a los resultados obtenidos, más allá de la implicación de los tratamientos realizados. Desde el nivel de los participantes, factores como el nivel socioeconómico de los alumnos, la edad, el género o el rendimiento académico son algunas posibles variables que necesariamente deben incluirse en trabajos futuros.

Las líneas futuras de trabajo se plantean desde la reproducibilidad de esta investigación, con la utilización de la RA, la cartografía digital y la NPM en otros contextos temáticos, y grupos de estudiantes con el fin de determinar cómo interactúan con la tecnología en estos procesos de enseñanza, y determinar su percepción frente a estas metodologías.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos al proyecto MECESUP UMC1404 “Modelo innovador de integración curricular para fortalecer los procesos de enseñanza - aprendizaje y desarrollar competencias TIC en Carreras de la Facultad de Historia, Geografía y Letras”, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile; Ministerio de Educación, Chile.

Esta investigación se encuentra inserta dentro del Programa de Doctorado “Formación en la Sociedad del Conocimiento” de la Universidad de Salamanca, España, institución académica a la cual expresamos nuestros agradecimientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan, A. (2012). *Geolocation in IOS*. California, Estados Unidos: O'Reilly Media, Inc.
- Ally, M., y Tsinakos, A. (Eds.). (2014). *Increasing Access through Mobile Learning*. Vancouver: Commonwealth of Learning and Athabasca University.
- Amirian, P., y Basiri, A. (2016). Landmark-Based Pedestrian Navigation Using Augmented Reality and Machine Learning. En G. Gartner, M. Jobst y H. Huang (Eds.), *Progress in Cartography* (451-465). Springer International Publishing. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-19602-2_27
- Apple Inc. (2016). About Swift. Recuperado de <https://swift.org/>
- Aurelia, S., Raj, M. D., y Saleh, O. (2014). Mobile Augmented Reality and Location Based Service. *Advances in Information Science and Applications*, 2, 551-558.

- Aydin, B., Gensel, J., Genoud, P., Calabretto, S., y Tellez, B. (2013). Extending Augmented Reality Mobile Application with Structured Knowledge from the LOD Cloud. En T. Delot, S. Geisler, S. Ilarri y C. Quix (Eds.), *Proceedings of the 3rd International Workshop on Information Management for Mobile Applications, Riva del Garda, Italy*, (pp. 21-27). CEUR-WS.org. Recuperado de <http://ceur-ws.org/Vol-1075/O3.pdf>
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., y MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34-47. doi: <https://doi.org/10.1109/38.963459>
- Bennett, G., Fisher, M., y Lees, B. (2010). *Objective-C for Absolute Beginners: iPhone, iPad and Mac Programming Made Easy*. Apress.
- Briz-Ponce, L., y Juanes Méndez, J. A. (2015). Mobile Devices and Apps, Characteristics, and Current Potential on Learning. *Journal of Information Technology Research*, 8(4), 26-37.
- Chou, T.-L., y ChanLin, L.-J. (2012). Augmented Reality Smartphone Environment Orientation Application: A Case Study of the Fu-Jen University Mobile Campus Touring System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 410-416. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.132>
- Conde, M., Muñoz, C., y García, F. J. (2008). mLearning, the first step in the learning process revolution. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 2(4), 61-63.
- Consejo de Monumentos Nacionales de Chile. (2015, marzo 5). Nómina oficial de monumentos nacionales declarados por decreto. CMN. Recuperado de http://www.monumentos.cl/catalogo/625/articles-22591_doc_xls.xlsx
- Cox, B. J., y Novobilski, A. J. (1993). *Programacion orientada a objetos/ Object-Oriented Programming: Un Enfoque Evolutivo* (2ª ed.). Díaz de Santos.
- Edwards, S., y Nuttall, J. (2015). Teachers, technologies and the concept of integration. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 43(5), 375-377. doi: <https://doi.org/10.1080/1359866X.2015.1074817>
- Elliott, G. (2004). *Global Business Information Technology: An Integrated Systems Approach*. Essex, Inglaterra: Pearson Education.
- Environment Research System Investigation. (2008). *The Multipatch Geometry Type*. ESRI Press.
- Favier, T. T., y van der Schee, J. A. (2012). Exploring the characteristics of an optimal design for inquiry-based geography education with Geographic Information Systems. *Computers & Education*, 58(1), 666-677. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.09.007>
- Hammady, R., Ma, M., y Temple, N. (2016). Augmented Reality and Gamification in Heritage Museums. En T. Marsh, M. Ma, M. F. Oliveira, J. Baalsrud Hauge y S. Göbel (Eds.), *Serious Games* (181-187). Cham: Springer International Publishing. Recuperado de http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-45841-0_17
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). México: McGraw Hill.
- Hillegass, A. (2011). *Objective-C programming: the Big Nerd Ranch guide*. Atlanta, GA: Big Nerd Ranch.
- Hillegass, A., y Conway, J. (2013). *iOS programming: the Big Nerd Ranch guide*.
- Holleman, M. (2015). *The iOS Apprentice (Fourth Edition): Beginning iOS Development with Swift 2* (4ª ed.). USA: Razeware LLC.
- Hori, M., Ono, S., Kobayashi, S., Yamaji, K., Kita, T., y Yamada, T. (2016). Fusion of E-Textbooks, Learning Management Systems, and Social Networking Sites:

- A Mash-Up Development. En T. T. Zin, J. C.-W. Lin, J.-S. Pan, P. Tin, y M. Yokota (Eds.), *Genetic and Evolutionary Computing* (377-386). Cham: Springer International Publishing. Recuperado de http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-23207-2_38
- Huang, H., Schmidt, M., y Gartner, G. (2012). Spatial Knowledge Acquisition with Mobile Maps, Augmented Reality and Voice in the Context of GPS-based Pedestrian Navigation: Results from a Field Test. *Cartography and Geographic Information Science*, 39(2), 107-116. doi: <https://doi.org/10.1559/15230406392107>
- IEEE Learning Technologies Standards Committee. (2005). IEEE Standard for Learning Technology-Extensible Markup Language (XML) Schema Definition Language Binding for Learning Object Metadata - 1484.12.3. IEEE Standarts.
- Jamali, S. S., Shiratuddin, M. F., y Wong, K. W. (2014). A review of augmented reality (AR) and mobile-augmented reality (mAR) technology: Learning in tertiary education. *International Journal of Learning in Higher Education*, 20(2), 37-54.
- Joo Nagata, J. (2013). Geomatics tools and education: status, integration and perception. En *Proceedings TEEM* (Vol. 1, pp. 501-506). Salamanca, España. doi: <https://doi.org/10.1145/2536536.2536613>
- Joo Nagata, J., Garcia-Bermejo Giner, J. R., y Martínez Abad, F. (2016a). Virtual Heritage of the Territory: Design and Implementation of Educational Resources in Augmented Reality and Mobile Pedestrian Navigation. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, IEEE*, 11(1), 41-46. doi: <https://doi.org/10.1109/RITA.2016.2518460>
- Joo Nagata, J., Garcia-Bermejo Giner, J. R., y Martínez Abad, F. (2016b). Virtual Territorial Heritage in Education through mLearning resources: Cities of Salamanca Spain and Santiago of Chile. En L. Briz-Ponce, F. García Peñalvo, y J. A. Juanes Méndez (Eds.), *Handbook of Research on Mobile Devices and Applications in Higher Education Settings* (450). IGI Global. Recuperado de <http://www.igi-global.com/book/handbook-research-mobile-devices-applications/143640>
- Joo Nagata, J., García-Bermejo Giner, J. R., y Muñoz Rodríguez, J. (2015). Herramientas Geomáticas utilizadas en Educación: situación actual y su relación con procesos educativos. *Enseñanza & Teaching Revista interuniversitaria de didáctica*, 33(1), 25-56. doi: <https://doi.org/10.14201/et20153312556>
- Joyanes Aguilar, L. (2008). *Fundamentos de programación: algoritmos, estructura de datos y objetos* (4ª ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Junta de Castilla y León. (2010). Ficha del Catálogo de Bienes Protegidos de la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Junta de Castilla y León. Recuperado de <http://servicios.jcyl.es/pweb/datos.do?numero=10089&tipo=inmueble&ruta=>
- Kurilovas, E., Kubilinskiene, S., y Dagiene, V. (2014). Web 3.0 – Based personalisation of learning objects in virtual learning environments. *Computers in Human Behavior*, 30, 654-662. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.039>
- Loewenthal, K. M. (1996). *An introduction to psychological tests and scales*. Londres: UCL Press.
- Martín Gutiérrez, J., Luís Saorín, J., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez López, D. C., y Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, 34(1), 77-91. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003>

- Martínez Abad, F. (2013). *Evaluación y Formación en Competencias Informacionales en la Educación Secundaria Obligatoria*. Universidad de Salamanca, Salamanca, España. Recuperado de http://www.europeana.eu/portal/record/2022701/oai_gredos_usal_es_10366_121869.html
- Mathias, M., y Gallagher, J. (2015). *Swift Programming: The Big Nerd Ranch Guide*. Estados Unidos: Big Nerd Ranch Guides.
- Mishra, P., y Koehler, M. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Montilva, J., Arapé, N., y Colmenares, J. (2003). Desarrollo de software basado en componentes. En *CAC-2003* (pp. 1-9). Mérida, Venezuela. Recuperado de <http://juancol.me/rsrc/sw-basado-en-comp-CAC2003.pdf>
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2ª ed.). New York: McGraw-Hill.
- Open Geospatial Consortium. (2006). Web Map Service. Recuperado de <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>
- Open Geospatial Consortium. (2013). OGC Augmented Reality Markup Language 2.0 (ARML 2.0). TBD. Recuperado de <http://www.opengis.net/doc/arml2xo/2.0>
- Pei, L.-S., Cai, S., y Shi, P.-F. (2013). Mobile Campus Touring System based on AR and GPS: a Case Study of Campus Cultural Activity. En *Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education* (pp. 518-526). Denpasar, Indonesia.
- Sánchez Prieto, J. C., Olmos Migueláñez, S., y García Peñalvo, F. (2016). Informal tools in formal contexts: Development of a model to assess the acceptance of mobile technologies among teachers. *Computers in Human Behavior*, 55, Part A, 519-528. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.002>
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. doi: <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Siegel, A. W., y White, S. H. (1975). The development of spatial representations of large-scale environments. En H. W. Reese (Ed.), *Advances in child development and behavior* (9-55). New York: Academic Press.
- Whitten, J., y Bentley, L. (2007). *Systems Analysis and Design Methods* (7ª ed.). Boston: McGraw-Hill/Irwin.

PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DE LOS AUTORES

Jorge Joo Nagata. Doctor del programa “Formación en la Sociedad del Conocimiento” de la Universidad de Salamanca, Profesor Titular de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación y asesor TIC del programa MECESUP UMC1404 “Modelo innovador de integración curricular para fortalecer los procesos de enseñanza - aprendizaje y desarrollar competencias TIC en Carreras de la Facultad de Historia, Geografía y Letras”. Sus líneas de investigación son las tecnologías aplicadas al estudio del territorio, los Sistemas de Información Geográfica y las herramientas Geotecnológicas en contextos educativos.
E-mail: jorge.joo@umce.cl

DIRECCIÓN DEL AUTOR

Departamento de Historia y Geografía
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación
Avda. José Pedro Alessandri 774, Ñuñoa
Santiago de Chile

Fernando Martínez Abad. Profesor Ayudante en el Área de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación de la Universidad de Salamanca. Doctor en Ciencias de la Educación (2013, Universidad de Salamanca, España), ha participado como investigador en proyectos de investigación tanto nacionales como de carácter internacional. Coautor en varias publicaciones nacionales e internacionales de impacto relacionadas con la evaluación y el desarrollo de competencias básicas en la educación obligatoria.

E-mail: fma@usal.es

DIRECCIÓN DEL AUTOR

Instituto Universitario de Ciencias de la Educación – Grupo Grial
Universidad de Salamanca
Paseo de Canalejas, 169
Salamanca, 37008
España

José Rafael García-Bermejo Giner. Doctor en Física (1989, Universidad de Salamanca, España) y posee la Certificación Apple ACTC T3 (Snow 100, Snow 101, Snow 201). Actualmente desarrolla su actividad académica como Profesor Titular del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca en el área de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Ha realizado estancias como docente e investigador en diferentes universidades de Alemania y Finlandia. Sus principales líneas de investigación incluyen programación estructurada, programación orientada a objetos, interfaces Hombre-Máquina, interfaces de usuario, dispositivos móviles y administración de sistemas. Es autor y traductor técnico de un gran número de libros.

E-mail: coti@usal.es

DIRECCIÓN DEL AUTOR

Departamento de Informática y Automática – Grupo Grial
Universidad de Salamanca
Plaza de la Merced, s/n

Salamanca, 37008
España

Fecha de recepción del artículo: 30/11/2016

Fecha de aceptación del artículo: 24/01/2017

Como citar este artículo:

Joo Nagata, J., Martínez Abad, F., y García-Bermejo Giner, J. R. (2017). Realidad Aumentada y Navegación Peatonal Móvil con contenidos Patrimoniales: Percepción del aprendizaje. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20(2), pp. 93-118. doi: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.20.2.17602>