

Cómo citar el artículo

Amaya Leyva, L.P.; Santamaría Granados, L. & Mendoza Moreno, J.F. (2016). Ambiente virtual sobre sitios históricos de Tunja para plataformas Android. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 48, 276-294. Recuperado de <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/773/1299>

Ambiente virtual sobre sitios históricos de Tunja para plataformas Android*

Virtual Environment for Android Platforms related to Historic Places of the City of Tunja (Colombia)

Environnement virtuel au sujet des sites historiques de la ville de Tunja pour plateformes Android

* Este artículo presenta los resultados de la investigación del proyecto "Desarrollo de un ambiente virtual para niños sobre los sitios históricos de la ciudad de Tunja", vinculado al Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería en Nuevas Tecnologías (GIDINT).

Leidy Paola Amaya Leyva

Ingeniera de Sistemas

Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Semillero de investigación Grupo GIDINT

Leidy.amaya@usantoto.edu.co

Luz Santamaría Granados

Ingeniera de Sistemas

Especialista en Telemática

Magíster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones

Docente del Programa de Maestría en Pedagogía y Directora Departamento de TIC de la Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Investigadora Grupo GIDINT

luz.santamaria@usantoto.edu.co

Juan Francisco Mendoza Moreno

Ingeniero de Sistemas

Especialista en Diseño y Construcción de Soluciones Telemáticas

Especialista en Gerencia de Instituciones de Educación Superior

Magíster en Software Libre

Docente de la Facultad de Ingeniería de Sistemas y del Programa de Maestría en Pedagogía

Director de la Unidad de Innovación Educativa apoyada por TIC, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Investigador Grupo GIDINT

juan.mendoza@usantoto.edu.co

Recibido: 25 de julio de 2015

Evaluated: 10 de abril de 2016

Aprobado: 18 de abril de 2016

Tipo de artículo: Investigación científica y tecnológica

Resumen

Este artículo trata sobre el desarrollo de una aplicación móvil interactiva que utiliza la tecnología de realidad virtual para rescatar, en niños de edad escolar, el patrimonio histórico y cultural de la ciudad de Tunja (Boyacá - Colombia). Para este proyecto se conformó un equipo de trabajo interdisciplinario con el Instituto de Cultura y Turismo de Tunja, con el fin de identificar y validar tecnológicamente el modelamiento 3D. La investigación se realizó en tres fases principales: identificación de sitios históricos, exploración de plataformas tecnológicas adecuadas a la realidad educativa de los estudiantes y la construcción de los escenarios virtuales para dispositivos Android.

Se pudo concluir que, mediante el uso de las aplicaciones móviles, los niños aprendieron esta temática de una forma más intuitiva y lúdica, que con estrategias tradicionales en el aula de clase. Esta investigación obtuvo como resultado el desarrollo de escenarios virtuales de tres sitios históricos representativos de la ciudad de Tunja.

Palabras clave

Ambiente virtual, Plataforma móvil Android, Sitios históricos, Unity.

Abstract

This article deals with the development of a mobile interactive application that uses virtual reality technology to recover, in children attending primary school, the cultural and historical heritage of the city of Tunja (Boyacá-Colombia). An interdisciplinary team was constituted to perform this project involving the Culture and Tourism Institute of Tunja, with the purpose of identifying and technologically validating the 3D modeling. This research was conducted in three main stages: identification of historical places, selection of proper technological platforms suited to the educational reality of the students and the construction of virtual scenarios for devices

running Android OS. We conclude that by using mobile applications children learned about this subject in a more intuitive and playful way compared to traditional strategies used at the classroom. This research resulted in the development of virtual scenarios of three historical places characteristic of the city of Tunja.

Keywords

Virtual environment, Android mobile platform, Historical places, Unity.

Résumé

Cet article aborde le développement d'une application mobile interactive qui utilise la technologie de réalité virtuelle pour arracher, chez enfants écoliers, le patrimoine historique et culturel de la ville de Tunja (Boyacá-Colombie). Pour ce projet on a conformé un équipe de travail interdisciplinaire avec l'institut de Culture et Tourisme de Tunja, avec l'objectif d'identifier et valider technologiquement la modélisation 3D. Cette recherche a été réalisée dans trois étapes principales : identification des sites historiques, exploration de plateformes technologiques adaptées à la réalité éducative des étudiants et la construction des scénarios virtuels pour dispositifs Android.

On a conclus que, en utilisant les applications mobiles, les enfants ont appris ce sujet d'une manière plus intuitif et ludique au contraire d'apprendre avec stratégies traditionnels à la salle de classe. Cette recherche a obtenu comme résultat le développement de scénarios virtuels de trois sites historiques représentatifs de la ville de Tunja.

Mots-clés

Environnement virtuel, Plateforme mobile Android, Sites historiques, Unity.

Introducción

Tunja, capital del Departamento de Boyacá, es conocida popularmente como la “ciudad de los tesoros escondidos”, y cuenta con un gran patrimonio histórico, cultural y religioso que es desconocido para la gran mayoría de tunjanos y turistas que visitan a esta ciudad, debido a diferentes circunstancias como la escasez de políticas eficaces para la promoción del sector turístico, planes y políticas educativas relacionadas con la identidad ciudadana, programas para fomentar el patrimonio de la ciudad y el desinterés de algunos tunjanos por ella.

Los dispositivos móviles se han convertido en un aliado tecnológico para los estudiantes, porque mediante estos pueden, además de comunicarse, consultar la información relevante para el desarrollo de las actividades escolares. Precisamente, el uso de una aplicación móvil (app) que presente un ambiente virtual de un sitio histórico permite motivar al estudiante a conocer la información de forma lúdica e interactiva. En este orden de ideas, este proyecto busca la oportunidad de solución a esta problemática, mediante el desarrollo de un ambiente virtual que se ejecute en dispositivos móviles y que ofrezca diversos escenarios de los sitios históricos y turísticos más emblemáticos de la ciudad de Tunja, aprovechando la experiencia en la línea de investigación de realidad virtual y videojuegos del Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería en Nuevas Tecnologías (GIDINT) y el apoyo del Instituto de Cultura y Turismo de Tunja.

En la fase diagnóstica del proyecto se evidencia que los estudiantes de colegios en edad escolar, de 8 a 10 años, no cuentan con herramientas tecnológicas interactivas, que les permitan conocer el patrimonio histórico de Tunja. Los investigadores, en proyectos anteriores, han verificado las bondades tecnológicas de la realidad virtual para facilitar los procesos de aprendizaje de los estudiantes (Santamaría Granados, Hoyos Pineda & Mendoza Moreno, 2014). El presente proyecto se limita a desarrollar un ambiente de realidad virtual no inmersivo sobre sitios históricos de Tunja, haciendo uso de Plataforma Android, debido a que los dispositivos móviles o tabletas de los estudiantes de las instituciones educativas de Tunja, en su gran mayoría, no disponen de recursos tecnológicos apropiados (cámara, procesador y memoria) para aplicaciones de realidad aumentada o realidad virtual inmersiva.

La metodología de investigación se basa en tres fases: en la primera se realiza la recopilación de documentos y se aplica una encuesta para identificar los sitios históricos que se van a modelar. Como segunda fase se establece una exploración de las plataformas tecnológicas más adecuadas para el modelamiento y renderizado de los escenarios virtuales. En la tercera fase de ingeniería del software se describen las metodologías para el desarrollo del ambiente virtual. Se utilizaron las metodologías de desarrollo ágil SCRUM y diseño VRML efectivo.

Ambientes virtuales para patrimonio histórico

La realidad virtual (Virtual Reality, VR) facilita el desarrollo de ambientes de aprendizaje orientados a niños y jóvenes que necesitan una mayor motivación para aprender y está basada en la construcción del conocimiento en un ambiente lúdico (Santamaría Granados, Hoyos Pineda & Mendoza Moreno, 2014), generando ambientes que proveen a los estudiantes la posibilidad de experimentar situaciones para resolver problemas, desarrollar actividades e interactuar colaborativamente con otros participantes durante su proceso de formación (Huang, Rauch & Liaw, 2010).

Se han desarrollado proyectos de mundos virtuales para la reconstrucción patrimonial de diversos sitios históricos, con el uso de datos arquitectónicos para el modelamiento tridimensional (3D) del monumento de Villa Romana de Freiria en Portugal (Rua & Alvito, 2011), ciudades como Singapur (Fang, Tan, & Subramaniam, 2013) y Aberdeen (Laing, Gordon, Leon & Isaacs, 2015). Además, a partir de ruinas, se han reconstruido historias interactivas en 3D del monumento Tašlihan de Sarajevo, Bosnia y Herzegovina (Rizvic, 2015). La aplicación de tecnología de hiperrealismo para la restauración virtual de edificios históricos como la mezquita Alaca Imaret Cami en Grecia (Oudatzi, 2010) permite al visitante aprender sobre la historia religiosa. Otros proyectos están enfocados al uso de herramientas multiplataforma para la reconstrucción y visualización de patrimonio cultural, como: X3DOM, Blender Game Engine y OSG4WEB (Bhawar & Sahasrabudhe, 2013), que facilitan la interacción del usuario a través de dispositivos móviles.

Los museos virtuales posibilitan a los ciudadanos la interacción y fomento hacia la preservación de las riquezas culturales e históricas, como el caso de la ciudad de Wales en Reino Unido (Miles, Wilson, Labrosse & Tidd, 2016), que provee a los ciudadanos de una plataforma Web para compartir fotografías de los bienes patrimoniales que son procesadas en modelos 3D para publicarse en la galería del museo. Otras investigaciones están integrando tecnologías de realidad virtual, visualización 3D, simulación y realidad aumentada para desarrollar aplicaciones que promueven el turismo a través de recorridos virtual de ciudades georreferenciadas (Schumann, Leye & Popov, 2015), así como la construcción de ambientes semi-inmersivos que pretenden fomentar, en estudiantes de colegios, la sensibilización y recuperación del patrimonio histórico y cultural (Bustillo, Alguero, Miguel, M. Saiz & Iglesias, 2016).

Las aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles tienen un enorme potencial para la educación (Mohamad Bilal Alia, Abdul Halim & Abdul, 2013), (Panos & Costas Boletsis, 2015), con el diseño de museos virtuales para fortalecer la comunicación multimodal entre los estudiantes (M.L. Ho, Mark &

Müller-Wittig, 2011), la implementación virtual del patrimonio “Ruins of Topolcany castle and Old town of Bratislava” (Novotný, Lacko & Samuelčík, 2013), que resalta la relación espacio temporal para la comprensión cultural de sitios históricos de Eslovaquia. La georreferenciación para el patrimonio geológico, con Google Earth, posibilita realizar recorridos virtuales a parques naturales “Quilamas - España” (Martínez-Graña, Goy & Cimarra, 2013), para proteger la geodiversidad y conservar los monumentos naturales y culturales. El diseño de exhibiciones museográficas interactivas con realidad aumentada hace uso de imágenes de piezas arqueológicas para que los visitantes puedan interactuar con un mundo virtual que se integra al mundo real (Ramírez, Ramos, Cruz & Hernández, 2013), (Mohd Sabri, Khidzir, Rasdan Ismail & Khairul Azhar, 2016).

Las actuales investigaciones demuestran que el desarrollo de escenarios de realidad virtual contribuye a procesos como el rescate del patrimonio histórico de un sitio intervenido y a otras actividades como la restauración de infraestructura, monumentos o ciudades. Para el presente proyecto, se evidencia la importancia de crear ambientes virtuales que permitan a los niños y jóvenes motivarse a conocer el patrimonio histórico de la ciudad de Tunja, que se encuentra representado en monumentos, plazoletas y sitios históricos.

Metodología

281

En la figura 1, se relacionan las fases de la metodología de investigación utilizada en el desarrollo del proyecto. En la fase 1 de identificación de los sitios históricos de Tunja, en el levantamiento turístico de la ciudad (Secretaría de Turismo y Cultura de Tunja, 2012), se señalaron 78 sitios turísticos de gran interés, pero el desconocimiento de estos sitios por parte de los tunjanos es muy notorio en la gran mayoría de ellos, ya que nunca los han visitado a pesar de vivir en la misma ciudad. Además, esta situación también se puede evidenciar con el comportamiento del turista que considera a Tunja como “ciudad de paso” y no como “destino turístico”. Por desconocimiento, se eligen para esta actividad municipios cercanos como Villa de Leyva o Paipa.

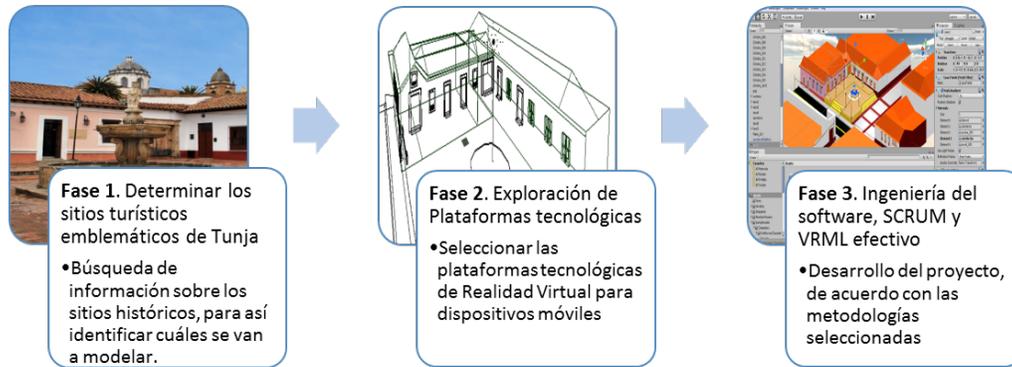


Figura 1. Metodología de investigación

Por tal razón, con representantes de la Secretaría de Turismo y Cultura de la ciudad, se establecieron algunos sitios históricos, plazoletas y monumentos turísticos (Boyacá 7 días, 2004) relacionados en la tabla 1, que muestra los sitios históricos de Tunja, con la riqueza arqueológica de la cultura muisca, la época colonial y republicana.

Tabla 1. Sitios históricos de la ciudad de Tunja

Sitios históricos	Descripción
	<p>Pozo de Hunzahúa o de Donato</p> <p>Es un parque y museo arqueológico de la cultura muisca. La leyenda cuenta la historia de amor trágico del primer Zaque Hunzahúa con su hermana Noncetá, quienes fueron maldecidos por la cacica Faravita y se formó el pozo de Hunzahúa.</p>
	<p>Bosque de la República</p> <p>Se construyó para celebrar el primer centenario de la batalla de Boyacá en 1919. Tradicionalmente se conoce como lugar donde habitaron los indígenas.</p>



Casa del Escribano Juan de Vargas

Casa del primer escribano de Tunja. Se conservan los muebles y piezas históricas de finales del siglo XVI. En el techo tiene murales con grabados griegos, italianos, alemanes y españoles.

Fuente: elaboración propia basada en Boyacá 7 días (2004).

Tabla 2. Monumentos de la ciudad de Tunja

Monumentos	Descripción
	<p>La Casa del Fundador</p> <p>Propiedad de Gonzalo Suárez Rendón, fundador de la ciudad de Tunja. Actualmente es la sede de la Academia Boyacense de historia. Es una casona estilo colonial. La puerta principal está enmarcada en columnas clásicas de la antigua Grecia y Roma. Se conservan los muebles y piezas históricas de la época de la Conquista.</p>
	<p>Paredón de los Mártires</p> <p>Ubicado en el norte del Bosque de la República y construido en homenaje a los próceres que fueron fusilados en 1816, durante la época de la reconquista española. En su honor hay una inscripción que dice: "Eternamente vive quien muere por la patria"</p>
	<p>Los Cojines de Zaque</p> <p>El Zaque, los Jeques Chibchas y los indígenas tenían su lugar de adoración al sol, ofrecían cantos y danzas antes del amanecer.</p>

Fuente: elaboración propia basada en Boyacá 7 días (2004)

En la tabla 2, se muestran algunos monumentos que representan los sucesos acontecidos durante varias generaciones. En la tabla 3, se relacionan las plazoletas que aglutinan a los ciudadanos como centros de encuentro. Tunja tiene como referente cultural el centro histórico, que describe la riqueza patrimonial de casi quinientos años de fundación hispánica (Medina Roa, 2014), conformado por museos, parques, monumentos, iglesias, centros educativos, casas y edificios gubernamentales, que hacen parte de su origen mítico, religioso, artístico, arquitectónico y urbanístico.

Tabla 3. Plazoletas de la ciudad de Tunja

Plazoletas	Descripción
	<p>Plaza de Bolívar</p> <p>Ubicada en el centro de la ciudad de Tunja, diseñada por el propio fundador de la ciudad, Don Gonzalo Suárez Rendón. Alrededor de esta plaza se construyó un templo y las casas de los principales españoles fundadores. Allí Fray Vicente de Requejada celebró la primera misa en un pequeño altar que aún está incrustado en una de las columnas de la Catedral.</p>
	<p>La Pila del Mono</p> <p>“La Pila del Mono” está situada en la calle 20. El monumento originalmente estaba ubicado en la Plaza de Bolívar y abastecía de agua a los habitantes desde 1573. La actual escultura tiene el dedo puesto sobre los labios en actitud de silencio.</p>
	<p>Plazoleta Muisca</p> <p>Conocida también como Plazoleta de las Nieves ya que está ubicada al frente del templo del mismo nombre. Escenario de la tradicional fiesta del señor de la columna.</p>

Fuente: elaboración propia basada en Boyacá 7 días (2004)

Una vez se hizo la selección de las tres categorías descritas en las tablas 1, 2 y 3, se tuvo en cuenta que el diseño arquitectónico en 3D facilitara el recorrido virtual en los dispositivos móviles, debido a que los objetos deben ser livianos y con texturas de baja resolución. Los investigadores aplicaron una encuesta a los

ciudadanos de Tunja y funcionarios de la Secretaría de Cultura y Turismo, para conocer su preferencia en el diseño de un ambiente virtual de los sitios históricos que hacen parte de la riqueza patrimonial de Tunja. En la figura 2, se muestran los resultados. Se determinaron tres sitios turísticos como de gran interés: “El Pozo de Donato”, “La Pila del Mono” y “El Paredón de los Mártires”. Los encuestados también manifestaron que un guía virtual les facilitaría la interacción con los escenarios virtuales.

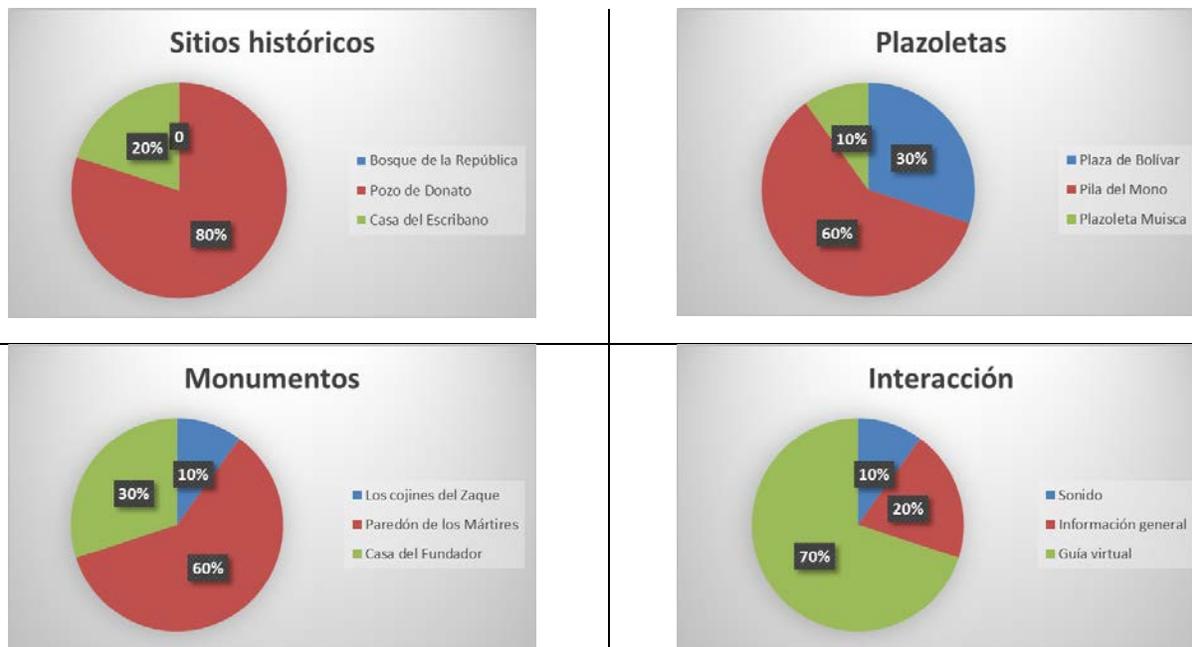


Figura 2. Resultados estadísticos de sitios turísticos e históricos de Tunja

En la fase 2 de exploración de plataformas tecnológicas, se identificaron plataformas de VR como Extensible Tridimensional (X3D) para el diseño de mundos virtuales en ambientes Web (Santamaría & Mendoza, 2014). La plataforma Unity provee una arquitectura de visualización para dispositivos móviles iOS y Android, que permite la configuración de una escena 3D interactiva en tiempo real, tal como podría desarrollarse en plataformas comerciales como Unreal Engine o CryEngine (Boeykens, 2013). Estas plataformas permiten flujos de trabajo de herramientas de modelamiento 3D como Blender, 3D Max, Maya, entre otras, para la integración de los objetos a través del motor de videojuegos.

La arquitectura de software empleada para el desarrollo del proyecto se basa en la arquitectura de Unity ECS (Entity Component System) (Gregory, 2014). El patrón arquitectural de diseño ECS es muy común en el desarrollo de videojuegos. ECS sigue el principio de la composición sobre la herencia (composition over inheritance), que permite gran flexibilidad en la definición de entidades donde cada objeto en la escena de juegos es una entidad. Cada entidad consta de uno o más componentes a los cuales se les pueden adicionar comportamientos o funcionalidades. En el motor

de juegos (Game Engine) de la arquitectura, los componentes de Unity se denominan GameObjects, que contienen datos, comportamientos y la lógica (scripts). Los componentes se basan en implementaciones MonoBehaviour. Las dependencias se pueden resolver utilizando el patrón de localización de servicios (Service Locator), que inyecta las dependencias manualmente a través de constructores (Setters) o de forma automática con un contenedor IoC (Injection of Container).

En la figura 3, se muestra la arquitectura del ambiente virtual que es interoperable con dispositivos móviles y utiliza el motor de juegos de Unity para el procesamiento y visualización de los escenarios que el usuario manipula a través de su pantalla o de dispositivos de entrada como joystick. Esta arquitectura es interoperable con Plataformas Windows Phone y Android; sin embargo, se tuvo en cuenta que los dispositivos encontrados en las instituciones educativas objeto de la investigación tienen sistema operativo Android.

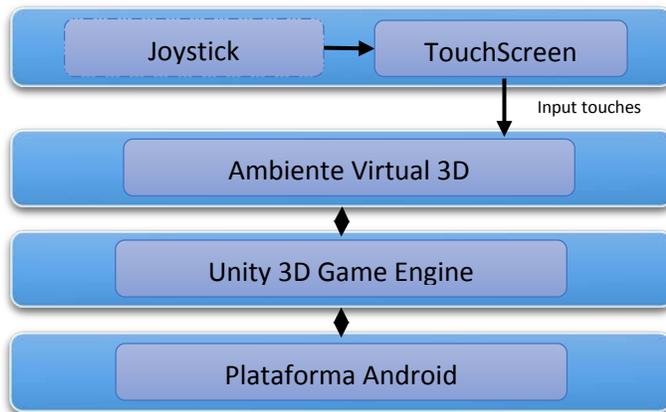


Figura 3. Arquitectura del ambiente virtual para Plataforma Android

Fuente: elaboración propia basada en Boeykens (2013)

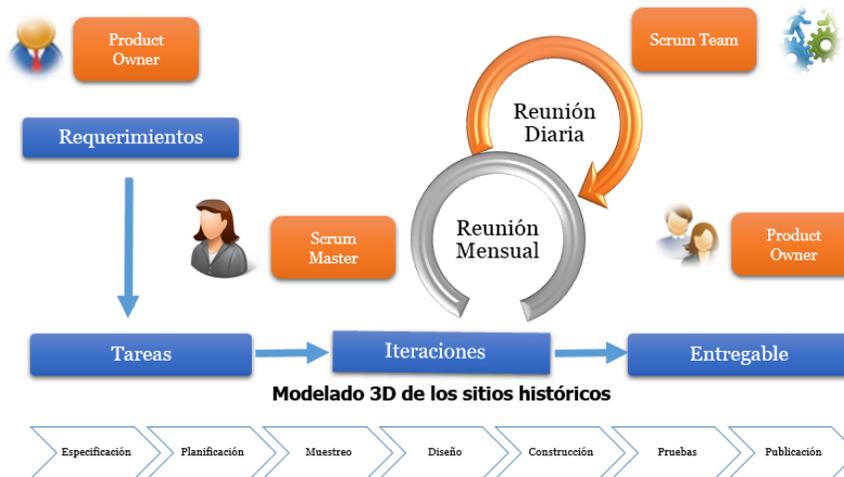


Figura 4. Metodología de desarrollo del ambiente virtual

Fuente: elaboración propia basada en Blankenship, Bussa & Millet (2011)

En la fase 4 de ingeniería del software se especificó la metodología de desarrollo ágil SCRUM (Blankenship, Bussa, & Millett, 2011), que presenta un enfoque iterativo alineado con el manifiesto ágil, que permite definir bloques de tiempo de cuatro semanas (sprints), para que el equipo de trabajo, según las tareas acordadas, pueda hacer las entregas de software al cliente (Product Owner), la Secretaría de Cultura y Turismo de Tunja. El coordinador (Scrum Master) se encarga de orientar al equipo de trabajo para que cumpla con el cronograma del proyecto, que prioriza por tareas no realizadas (*product backlog*). El equipo de desarrollo realizó reuniones diarias (*Daily stand-up meetings*) y de retrospectiva (*retrospectives*) para verificar los avances del proyecto al final de cada sprint (ver figura 4). En el ambiente virtual los tres sitios históricos cuentan con un sprint para desarrollar la metodología de Lenguaje de Modelado de Realidad Virtual (Virtual Reality Modeling Language, VRML) efectivo.

287

Resultados

La tecnología móvil, con el uso de apps, facilita la interacción y comunicación de las personas en espacios laborales y entornos familiares, pero también les permite explorar lugares históricos y culturales con un guía virtual, tal como se presenta en el ambiente virtual, que tiene el propósito de despertar la curiosidad y motivación de los habitantes y turistas por obtener conocimiento del patrimonio cultural de la ciudad (Othman, Petrie, & Power, 2013), al presentar de forma didáctica los acontecimientos históricos más relevantes sobre los tres sitios, "El Pozo de Donato", "La Pila del Mono" y "El Paredón de los Mártires".

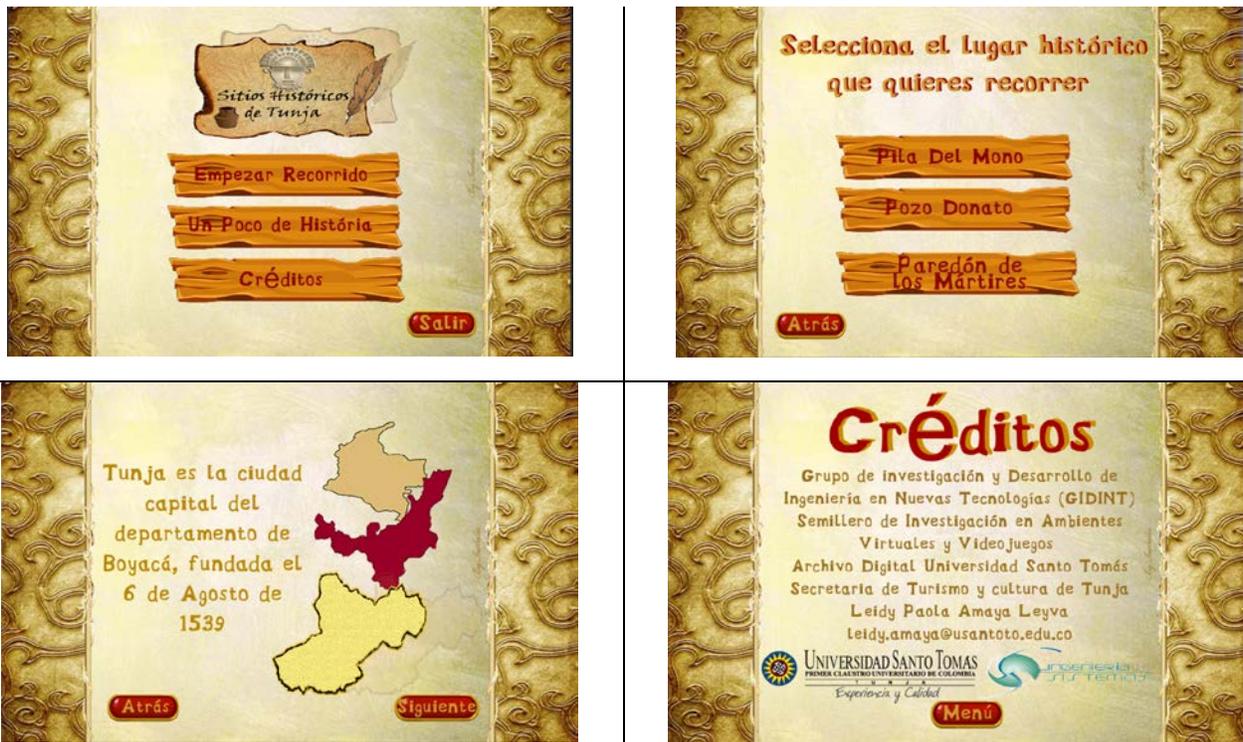


Figura 5. Comps para la apps del ambiente virtual de los sitios históricos de Tunja

Se definieron seis sprints o entregables de software a la Secretaría de Cultura y Turismo de Tunja. En el Sprint 0 se especificaron los roles SCRUM de los integrantes para la construcción del ambiente virtual. En el Sprint 1 se realizó el diseño del menú de la aplicación y se determinaron diversas tareas como la escogencia de la tipografía para un diseño ordenado, los colores y texturas que crean un contraste entre los elementos que conforman la aplicación. Para la iconografía significativa del patrimonio histórico de Tunja se utilizó como editor gráfico Photoshop para aplicar los efectos, acordes a los tamaños y escalas de la imagen del icono (36x36dp, 48x48dp, 72x72dp, 96x96dp, 144x144dp), recomendadas para plataformas Android. Para la navegación dentro de la aplicación se utilizan las barras de acciones y los botones. En la figura 5, se visualizan los *assets* gráficos de la apps (comps), tal como el menú de inicio, el submenú de acceso a los recorridos virtuales, información general y los créditos del grupo de investigación.

Se utilizó la metodología de VRML efectivo en los sprints 2, 3 y 4. El equipo de desarrollo, en la etapa de especificación, verificó la información del tutor virtual, el modelamiento 3D y el renderizado de los tres sitios históricos. Por recomendación de la Secretaría de Turismo y Cultura de Tunja, se realizó un libreto para el recorrido virtual de cada lugar. En la etapa de planificación se identificaron planos arquitectónicos para el modelamiento e interacción del usuario. Durante la etapa de muestreo en la herramienta de modelamiento 3D Blender, se utilizaron técnicas de B-splines racionales no uniformes (non-uniform rational B-spline, NURBS) y de

polígonos para representar monumentos y superficies. En la etapa de diseño se definieron las características estéticas de escenarios livianos para dispositivos móviles, que no fueran a utilizar texturas de alta resolución, para lo cual se utilizaron escalas de colores similares a las texturas.

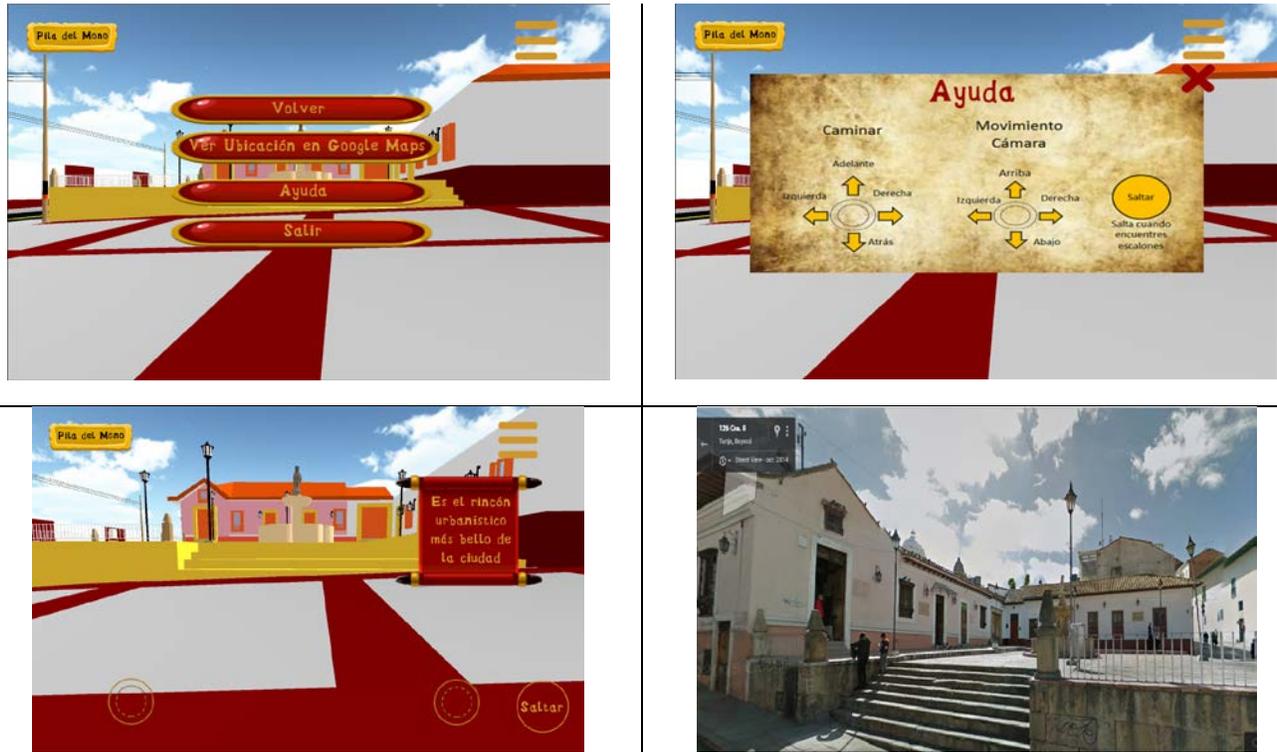


Figura 6. Integración de Blender a Unity 3D para "La Pila del Mono"

Durante la construcción, se importaron los modelos 3D de "El Pozo de Donato", "La Pila del Mono" y "El Paredón de los Mártires", para integrarse a la estructura del proyecto en el motor de videojuegos de Unity 3D. Se utilizaron assets para ambientar la escena con recursos de iluminación, sonidos, árboles, texturas y scripts para manejo de los componentes de sonido, los efectos, las colisiones y los controles del joystick que proveen a los usuarios la sensación de inmersión en el ambiente virtual. En la figura 6, se muestra el resultado de la integración de Blender a Unity 3D (sprint 5) para la plazoleta de "La Pila del Mono", cada escenario virtual cuenta con un menú para acceder a la ayuda de los controles (desplazamiento del usuario durante el recorrido, movimiento de la cámara y posibilidad de saltar cuando se acerque a las escaleras). La información del guía virtual y la ubicación de Google Maps (Google, 2015) facilitó la georreferenciación del terreno y de los monumentos históricos, además fue una herramienta útil para el diseño de relieves, de detalles geográficos como repositorios acuíferos, vegetación y construcciones, que sirvió para precisar los detalles del modelado y renderizado de los tres escenarios.



Figura 7. Integración de Blender a Unity 3D para “El Pozo de Donato”

En las figuras 7 y 8, se muestra el resultado de la integración de Blender a Unity 3D (sprint 5) para el sitio histórico “El Pozo de Donato” (ver figura 8) y el monumento histórico “El Paredón de los Mártires” (ver figura 9). Disponen de un menú para acceder a las opciones de interacción explicadas anteriormente.



Figura 8. Integración de Blender a Unity 3D para “El Paredón de los Mártires”

El ambiente virtual puede ser utilizado por los profesores de instituciones educativas que deseen enseñar a sus estudiantes la riqueza histórica y cultural del patrimonio de Tunja, tal como se establece en el programa “La revolución de los lápices” (Alcaldía de Tunja, 2012), que busca propiciar el desarrollo de aplicaciones interactivas 3D en las distintas áreas del conocimiento, para ser usadas por los niños en las tablets y computadores de las aulas de informática.

Como muestra de estudio de este proyecto se seleccionaron 10 niños de básica primaria de Tunja, de las instituciones educativas Colegio Moderno la Florida y Colegio Rafael Bernal Jiménez, que oscilaban en edades escolares de 8 a 10 años. Se realizaron pruebas de contrastación entre los métodos de enseñanza tradicional y la utilización del ambiente virtual, para establecer el grado de motivación de los niños al utilizar los escenarios virtuales.

Inicialmente se les aplicó un test de construcción de escenas, presentando a los niños una serie de dibujos sobre “La Pila del Mono”, “El Pozo de Donato” y “El Paredón de los Mártires”, para completar los dibujos e identificar los hechos históricos más representativos. En los resultados obtenidos se evidenció que un 20% de la muestra no terminó las actividades, debido a que no demostraron interés en el tema. Posteriormente, los niños hicieron uso del ambiente virtual sobre los sitios históricos de Tunja y se obtuvieron resultados muy positivos en su proceso de aprendizaje, debido a que todos los estudiantes se sintieron altamente motivados al interactuar con los escenarios y el tutor virtual (ver figura 9).

En las pruebas realizadas con los niños y con los funcionarios de la Secretaría de Cultura y Turismo de Tunja, se pudo evidenciar que el ambiente virtual para dispositivos móviles es muy intuitivo, no se presentaron dificultades en el recorrido virtual, debido a la fácil interacción e información oportuna suministrada por la guía virtual.



Figura 9. Pruebas realizadas del ambiente virtual con niños de Tunja

Conclusiones

Se presentó un ambiente virtual sobre los sitios históricos más emblemáticos de la ciudad de Tunja-Boyacá-Colombia, como “La Pila del Mono”, “El Pozo de Donato” y “El Paredón de los Mártires”. Este proyecto, además de cumplir con su objetivo principal de servir de ayuda didáctica a niños en etapa escolar en la comprensión de

la historia de Tunja, dejó sembrada la expectativa de ampliar el público objetivo a turistas y a la propia ciudadanía en general, y por la facilidad del recorrido del ambiente virtual en dispositivos móviles, se evidenció la necesidad de crear más escenarios virtuales que permitan guiar e informar al turista de la ciudad de Tunja.

La metodología SCRUM hizo posible que se definieran roles para el equipo de trabajo interdisciplinario. Para realizar los mundos virtuales de los sitios históricos, fue importante utilizar la arquitectura de visualización de Unity para dispositivos móviles, que permitió desarrollar escenas 3D livianas para su recorrido e interacción.

En una segunda fase, los investigadores pueden continuar explorando el uso de dispositivos como Google CardBoard (Google Cardboard, 2016) o Google Glass que permitan proveer a los estudiantes, turistas o visitantes altas experiencias de inmersión, en el recorrido de los escenarios virtuales de los sitios históricos de Tunja.

Referencias

- Alcaldía de Tunja (2012). *Plan de Desarrollo Municipal Hechos de Verdad*. Tunja: Acuerdo Municipal 005 de 2012.
- Bhawar, P. & Sahasrabudhe, S. (2013). Methodology to Create Optimized 3D Models Using Blender for Android Devices. *IEEE Xplore*, 139-142.
- Blankenship, J.; Bussa, M. & Millett, S. (2011). *Pro Agile .NET Development with Scrum*. Ohio: Apress.
- Boeykens, S. (2013). *Unity for Architectural visualization*. Birmingham: Packt publishing Ltd.
- Boyacá 7 días (2004). *Así es Tunja*. Tunja: Casa editorial El Tiempo.
- Bustillo, A.; Alaguero, M.; Miguel, I.; M. Saiz, J. & Iglesias, L. (2016). A flexible platform for the creation of 3D semi-immersive environments to teach Cultural Heritage. *Elsevier*, 248-259.
- Can, T. & Peker, A. G. (2011). A design goal and design pattern based approach for development of game engines for mobile platforms. *IEEE Xplore*, 114-120.
- Fang, L.; Tan, J. & Subramaniam, S. (2013). Learning Singapore history in a virtual world. *IEEE Xplore*, 1-10.
- Google (05 de febrero de 2015). *Google Maps*. Recuperado de <https://www.google.it/>
- Google Cardboard*. (12 de abril de 2016). Recuperado de <https://www.google.com/get/cardboard>
- Gregory, J. (2014). *Game Engine Architecture (2nd Edition)*. Wellesley: CRC Press.
- Huang, H.-M.; Rauch, U. & Liaw, S.-S. (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. (Elsevier, Ed.) *Computers & Education*, 55, 1171-1182.
- Jerald, J.; Giokaris, P.; Woodall, D.; Hartbolt, A.; Chandak, A. & Kuntz, S. (2014). Developing Virtual Reality Applications with Unity. *IEEE Xplore*, 1-3. Recuperado el 23 de 11 de 2014, de IEEE Xplore: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=6802117>

- Laing, R.; Gordon, R.; Leon, M. & Isaacs, J. (2015). Monuments Visualization: From 3D Scanned Data to a Holistic approach, an Application to the City of Aberdeen. *2015 19th International Conference on Information Visualisation*, 512 - 517.
- M.L. Ho, C.; Mark, E. & Müller-Wittig, W. (2011). Design and implementation of a student-generated virtual museum in a language curriculum to enhance collaborative multimodal meaning-making. (Elsevier, Ed.) *Computers & Education*, 57, 1083-1097.
- Martínez-Graña, A.; Goy, J. & Cimarra, C. (2013). A virtual tour of geological heritage: Valourising geodiversity using Google Earth and QR code. (Elsevier, Ed.) *Computers & Geosciences*, 61, 83-93.
- Medina Roa, J. (2014). *Tunja desde 1900*. Tunja: Euler Enrique Nieto Bernal.
- Miles, H.; Wilson, A.; Labrosse, F. & Tidd, B. (2016). A Community-Built Virtual Heritage Collection. *Transactions on Computational Science XXVI*, 91-110.
- Mohamad Bilal Alia, D.; Abdul Halim, N. & Abdul, M. (2013). Mobile Augmented Reality: The Potential for Education. (Elsevier, Ed.) *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 657-664.
- Mohd Sabri, F.; Khidzir, N.; Rasdan Ismail, A. & Khairul Azhar, M. (2016). An Exploratory Study on Mobile Augmented Reality (AR) Application for Heritage Content. *Journal of Advanced Management Science*, 489-493.
- Novotný, M.; Lacko, J. & Samuelčík, M. (2013). Applications of Multi-touch Augmented Reality System in Education and Presentation of Virtual Heritage. (Elsevier, Ed.) *Procedia Computer Science*, 25, 231-235.
- Othman, M.; Petrie, H. & Power, C. (2013). Visitors' Emotions, Touristic or Spiritual Experiences in Historic Churches: The Development of Church Experience Scale (CES). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 675-683.
- Oudatzi, K. (2010). Virtual reality in restoration of historic buildings: 3D model projection of the restoration project of Alaca Imaret Câmi with intuitive and interactive application through hyper realism technology. *IEEE Xplore*, 361-364.
- Panos, K. & Costas Boletsis, G. (2015). Demystifying the design of mobile augmented reality applications. *Multimedia Tools and Applications*, 1045-1066.
- Ramírez, M.; Ramos, E.; Cruz, O., & Hernández, J. (2013). Design of interactive museographic exhibits using. *Electronics, Communications and Computing (CONIELECOMP), 2013 International Conference on*, 1-6. Recuperado de IEEE Xplore
- Rizvic, S. (2015). How to Breathe Life into Cultural Heritage 3D. *Academia Europaea Conference 2015. Symbiosis. Synergy of Humans & Technology*, 49-51.
- Rua, H. & Alvito, P. (2011). Living the past: 3D models, virtual reality and game engines as tools for supporting archaeology and the reconstruction of cultural heritage – the case-study of the Roman villa of Casal de Freiria. (Elsevier, Ed.) *Journal of Archaeological Science*, 38, 3296-3308.
- Santamaría Granados, L.; Hoyos Pineda, J. & Mendoza Moreno, J. F. (2014). Eficacia de la herramienta "Ambiente Virtual en 3D" aplicada a una muestra poblacional de niños con dificultades de lateralidad en el departamento de Boyacá. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 17-33.
- Santamaría, L. & Mendoza, J. (2014). Construcción de mundos virtuales para el desarrollo de destrezas de lateralidad basado en Web3D. *Educación en Ingeniería*, 13-25.

Schumann, M.; Leye, S. & Popov, A. (2015). Virtual Reality Models and Digital Engineering Solutions for Technology Transfer. *Applied Computer Systems*, 27-33.

Secretaría de Turismo y Cultura de Tunja (6 de septiembre de 2012). *Secretaria de Turismo y Cultura de Tunja*. Obtenido de <http://www.turismotunja.gov.co>

Smit, M. & Queiroz, C. (2013). *Unity 4.x Cookbook*. UK: Packt Publishing.

Zechner, M. (2011). *Desarrollo de juegos Android*. Madrid: Gupo Anaya.