

# Arquitectura interactiva de modelado para educación y entretenimiento en museos

*An interactive modelling architecture for education and entertainment at museums*

■■■■  
Andrés A. Navarro-Newball<sup>1</sup>, Isidro Moreno-Sánchez<sup>2</sup>, Ali Arya<sup>3</sup>, Edmond C. Prakash<sup>4</sup>, Efetobore Mike-Ifeta<sup>5</sup>, Juan D. Mejía Mena<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Javeriana (Colombia)  
<sup>2</sup> Universidad Complutense de Madrid (España)  
<sup>3</sup> Carleton University (Canada)  
<sup>4</sup> University of Westminster (Reino Unido)  
<sup>5</sup> Carleton University (Canada)  
<sup>6</sup> Pontificia Universidad Javeriana (Colombia)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8058>

El papel social de los museos ha cambiado drásticamente en la última década [1]. Los museos ya no se ajustan al modelo decimonónico de narrativa lineal cerrada; hoy se buscan experiencias interactivas abiertas [2]. La interactividad se está haciendo imprescindible debido a, entre otras cosas, los inmensos beneficios para el aprendizaje que proporciona la participación de las personas y también para la promoción del propio museo. Los museos brindan a los visitantes la oportunidad de conectar conceptos a objetos y a situaciones concretas [3]. Tradicionalmente, los visitantes observaban piezas expuestas

detrás de un vidrio que alejaba cualquier experiencia educativa. Nuestro modelo interactivo para museos (MOMU) pretende apoyar contenidos culturales complejos utilizando herramientas que favorezcan el aprendizaje y el entretenimiento.

La tecnología eleva el interés y permite la creación de experiencias que transformen a los visitantes [4]. Sin embargo, la tecnología en museos está frecuentemente desligada del discurso general y no existe una coherencia entre los sistemas interactivos; los desarrollos tecnológicos en los museos pueden ser intrusivos [5] y/o rígidos [6].

MOMU pretende proporcionar herramientas para crear experiencias ludo-educativas mejorando la flexibilidad del museo independientemente de la tecnología y procurando que no sean disruptivas con las obras expuestas. Nuestro enfoque es cercano al de White et al. [7], las principales diferencias son:

- MOMU proporciona contenidos a experiencias *in situ*, virtuales, móviles y físicas.

- Los conceptos subyacentes a la investigación constituyen (1) un nuevo enfoque para la experiencia del museo orientada hacia una narrativa interactiva personalizable, donde un curador o comisario propone una narrativa abierta y el visitante se apropia de ella creando su propia historia (2); el contexto social en que esa experiencia se lleva a cabo y (3) el uso de varias tecnologías interactivas facilitan la inmersión.
- La elección de la tecnología utilizada quedará en manos del usuario del sistema. Por ejemplo, un profesor de secundaria decidirá de qué manera desea presentar un concepto determinado.
- Un gran desafío es proponer un modelo computacional para permitir la representación e introducción de las tareas cognitivas a las exposiciones. En el ejemplo del maestro de secundaria, éste necesita lograr objetivos educativos particulares en el recorrido. Así, el profesor debe ser capaz de relacionarse no sólo con la tecnología y los conceptos, sino también con las tareas cognitivas.
- Proponemos la creación de herramientas para facilitar la creación y clasificación de contenidos 3D para proporcionar los modelos virtuales requeridos en los escenarios virtuales.

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

Se observaron los comportamientos de visitantes y se analizaron exposiciones, y se realizó un estudio de públicos en diferentes museos del mundo en exposiciones con y sin tecnología. La muestra de museos refleja la diversidad de la museografía contemporánea en cuanto a temática (arte, arqueología, ciencias, historia), localización (Colombia, España, Canadá, Reino Unido, Francia) y tipos de museografía en relación a las TIC (interactiva, digital, no digital). Nuestra metodología interdisciplinar considera el análisis cognitivo de tareas y el estudio de los problemas y soluciones innovadoras. Esta es una notable diferencia con otros enfoques y busca asegurar que las herramientas implantadas como apoyo de los contenidos educativos proporcionen información co-

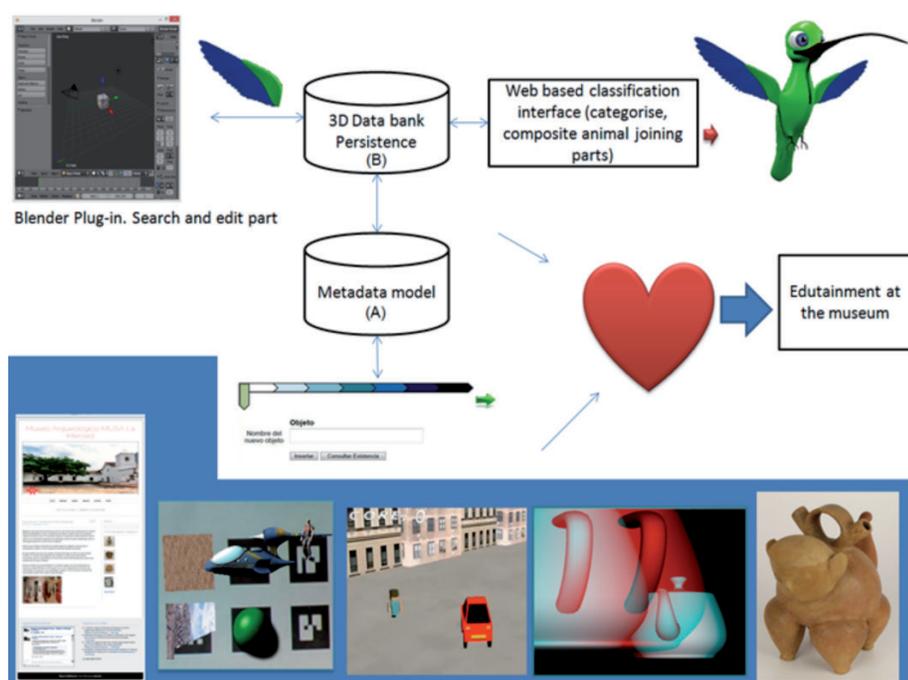


Fig. 1: Arquitectura del sistema. El sistema de gestión de contenidos (A) se relaciona con objetos reales, documentos, modelos virtuales (B) y tecnologías interactivas (región azul) para crear una experiencia ludo-educativa en el museo

herente a las necesidades del museo y a los intereses de los visitantes [8].

Nuestro modelo (Figura 1A) permite la introducción de objetos en la colección del museo y la introducción de nuevas colecciones. Este será el punto de partida de un usuario para crear una experiencia de aprendizaje satisfactoria. El Banco de datos debe almacenar narrativas, información y documentos asociados a los objetos y colecciones. MOMU proporciona una herramienta de creación 3D (Figura 1B). La herramienta incluye un banco de datos 3D y editores para facilitar la construcción de los personajes virtuales necesarios en el desarrollo de entornos interactivos. Este será el segundo paso para un usuario que crea una experiencia. Una vez reconocida la necesidad de modelos virtuales, el usuario puede buscar en el banco de datos gráficos modelos ya realizados. Las tecnologías de interacción deben ser asociadas con los objetos y las colecciones. Un conjunto de tecnologías de entrada (de izquierda a derecha, azul región de fondo en la Figura 1) que puede incluir la Web 2.0 (redes sociales), la realidad aumentada (AR), los videojuegos, la realidad virtual y los objetos del museo real para facilitar la interacción.

El corazón del sistema permite la creación de experiencias según las necesidades (obtenidas de la observación). Éste está en desarrollo y requiere: (1) mejorar el modelo actual para integrar de una manera natural tecnologías y elementos; (2) representar computacionalmente principios cognoscitivos asociados con objetos reales, colecciones y recorridos; (3) una manera de incluir información dependiente del tiempo para mejorar la narrativa; (4) una interfaz que permita crear experiencias de aprendizaje entretenidas que minimicen la programación y promuevan la reutilización de contenidos.

Para los visitantes, el sistema propuesto proporcionará tres funciones principales: planificación, dirección y comunicación. El sistema propuesto se divide en tres niveles correspondientes a las tres funciones. El primer nivel atenderá a la planificación de la visita, actuando como la primera experiencia para el usuario. Estará disponible en línea, en dispositivos móviles y en el museo a través de kioscos interactivos. Los planes de la visita se guardarán en el perfil del usuario y se podrá acceder a ellos y editarlos en todo momento mediante cualquier dispositivo. El segundo nivel prestará orientación sobre rutas por el espacio cultural. Este nivel presentará una combinación de AR, centros de exhibición y el uso interactivo

de espacios físicos como suelos y paredes que faciliten la interacción por gestos mimético-naturales. Los centros de exhibición, ubicados en puntos clave del museo, serán una extensión del primer nivel. Esta integración de planificación y orientación también permitirá a los usuarios agregar elementos como fotos, etiquetas y comentarios al itinerario. El nivel final proporcionará al usuario la capacidad de conectarse e interactuar con otros visitantes.

## 2. TECNOLOGÍAS DE INTERACCIÓN DE BAJO COSTE

En ocasiones los elementos de interacción en los museos se rompen o se pierden; además, no se pueden llevar a casa para seguir interactuando. Una posible solución es utilizar suelos y dispositivos de interacción por gestos que no requieren contacto físico y un simple folleto de papel para llevar a casa con códigos para recrear la experiencia interactiva. Los libros de AR son una interfaz móvil económica basada en papel; el Kinect es un dispositivo que no requiere contacto y que trae propiedades tangibles a diversas superficies y opciones de rastreo del usuario en ambientes de realidad virtual (VR) y el suelo del museo, convertido en un sistema interactivo por gestos, es un dispositivo sumamente resistente. Las tecnologías de

interacción de bajo coste benefician a los museos (casi siempre escasos de recursos) y encierran un alto potencial para generar experiencias que atraigan a los visitantes.

Una interfaz tangible permite la interacción del usuario con información digital a través de la información física. "Tangibles, en forma de artefactos físicos integrados con tecnologías de sensores, ofrecen la oportunidad para explotar y construir en nuestra interacción cotidiana y experiencia con el mundo, lo que permite nuevas formas de participación y acceso a herramientas para apoyar el aprendizaje" [9, p.151]. La AR "ofrece un espacio de aprendizaje innovador mediante la fusión de materiales de aprendizaje digital en el formato de los medios con herramientas u objetos, que son parte directa del espacio físico, facilitando, por lo tanto, aprendizaje in situ" [10].

Los libros de AR mejoran la experiencia de lectura, la visualización de productos, cuentan historias y enseñan. Pueden apoyar la visualización de situaciones complejas, aumentar la comprensión y son una evolución de los libros tradicionales, el principal medio de enseñanza y aprendizaje [11] todavía hoy. El *Magic Book* [12] exploró interfaces de transición entre la realidad física, AR y VR. Se podía leer sin tecnología; además, superponía imágenes con una pantalla portátil que

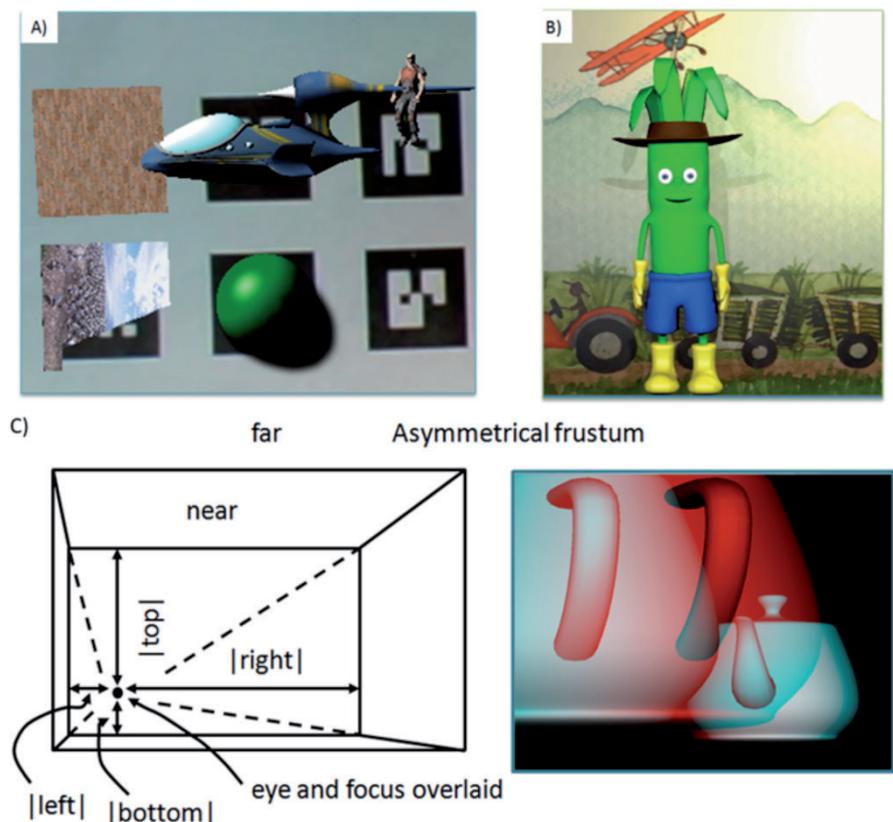


Fig. 2: Libros y folletos de AR. a) Página del libro de AR con marcadores mostrando varios tipos multimedia. b) Demostración de AR para el Museo de la Caña de Azúcar. c) Rastreo del usuario con el Kinect y la VR utilizando análogos. Con el sensor Kinect creamos un cono de visualización asimétrico para simular la percepción real en 3D

permitía ver escenas desde cualquier perspectiva o era posible volar en las escenas para tener una experiencia inmersiva de VR como un avatar virtual. Este libro ofrecía una interacción selectiva, permitiendo ver desde diferentes perspectivas contenidos 3D. Tradicionalmente, la creación de libros de AR es difícil pues depende de la configuración de los programas o de secuencias de comandos [11].

Con nuestro libro de AR hemos superado algunas de las dificultades de los anteriores: (1) incluir todos los tipos de datos principales como imagen estática 2D, 2D dinámica, contenido 3D y sonido (Figuras 2A y B). (2) Ofrecer una interfaz de edición de libros utilizando cuadros de diálogo, (3) ofrecer herramientas de autoría para crear páginas e introducir marcadores y sus elementos relacionados, como modelos virtuales, animaciones, videos, sonidos, imágenes y gestos; (4) explorar una forma novedosa de interacción que integra la interacción gestual del Kinect al libro, además de proyectar los objetos 3D y animaciones con rotación y traslación sincronizada en las páginas. La novedad de nuestro libro se basa en la flexibilidad para incluir tipos de datos principales (muchos libros usan un subconjunto de ellos), para crear cualquier libro basado en marcadores (muchos sistemas se desarrollan para un solo libro) y asignar gestos basados en el Kinect, como "tomar", "mover" o "zoom" a los objetos virtuales que se muestran en cada página (muchos libros utilizan tarjetas adicionales de AR para ello).

También, con el Kinect ofrecemos integración a escenarios básicos de VR. El Kinect se utiliza en entornos interactivos que proponen nuevas formas de interacción gestual [13] que añaden extensiones físicas y la tercera dimensión a la interacción con el usuario (Figura 2C). Nuestros desarrollos hacia un suelo interactivo se explican en nuestro trabajo anterior [14].

### 3. HERRAMIENTAS DE MODELADO

Este desarrollo surgió por la necesidad de crear animales 3D para entornos virtuales en museos e inspirado en técnicas de modelado por partes [15] y por la idea "desde el primer amanecer de la vida, todos los seres orgánicos son parecidos en grados descendentes, y pueden ser clasificados en grupos bajo grupos" [16, capítulo 13]. Nuestro modelo clasifica un componente 3D según su morfología tomando en cuenta sus parámetros. Los parámetros consideran cinemática, topología, espacio y características de visualización. Las piezas 3D almacenadas se pueden editar

para crear nuevos componentes usando un módulo de edición de *Blender* o para construir un animal completo. Frente a otros sistemas, la categorización puede realizarse por el usuario según el aspecto de la pieza y no está necesariamente ligada a la taxonomía biológica. Los objetos 3D pueden ser indexados basados en sus formas utilizando aplicaciones de recuperación basada en formas [17]. Buscando en una base de datos de mallas 3D, el usuario encuentra partes, corta las regiones de interés de las mallas y compone de diferentes maneras para formar nuevos objetos. Sin embargo, estos enfoques [18, 19] no permiten la parametrización o animación de los componentes y no consideran seres orgánicos.

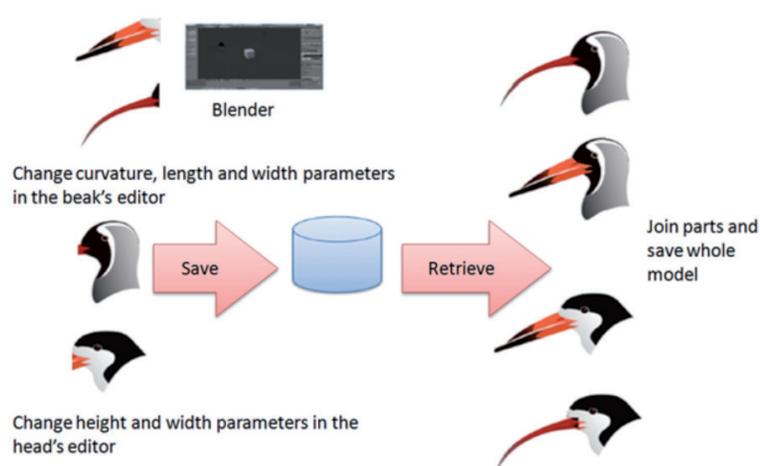


Fig. 3: Modelado por partes y persistencia utilizando parámetros y herramientas de edición

En nuestro modelo se requería una plataforma de clasificación genérica y flexible que permitiera al usuario definir su propia subdivisión y los parámetros. Por ejemplo (Figura 3), utilizando un módulo, alteramos el pico de un ave en cuanto a su curvatura, longitud y anchura. Usando otro módulo, alteramos la cabeza de un pájaro en cuanto a su altura y anchura. Los nuevos subcomponentes pueden ser almacenados en un banco de datos gráficos u obtenidos de la base de datos para crear uno nuevo. Una vez tenemos los componentes, recuperamos un conjunto de ellos para crear un modelo animal completo que se almacena en la base de datos. El banco de datos gráfico almacena cualquier modelo y submodelo con sus parámetros. Logramos esto implementando un modelo de base de datos. Un animal real se asocia a un animal virtual. El usuario puede seleccionar, editar o crear una parte virtual. Entonces, el usuario puede alterar o definir nuevos parámetros. Una vez que el animal está completo, el usuario puede

de almacenarlo como un animal virtual completo. El modelo apoya la definición de cualquier parámetro y su inserción con un comando SQL. También, permite hacer referencia a las estructuras de una parte, como una malla 3D, para ser almacenada como un atributo. Aprovechando la última característica, el usuario tiene la opción de almacenar información compleja como el esqueleto de animación cinemática.

Nuestro primer módulo permite crear formas de extremidades animales junto con su esqueleto de animación. El editor se basa en un modelo matemático que utiliza *Metaballs* organizadas a lo largo de curvas Bézier y una GUI permite la introducción de los parámetros. Las *Metaballs* se obtienen de la adición de las esferas

que parametrizan la fusión de las mismas. La idea es definir un campo de atracción de cada *Metaball* que se relaciona con su radio de influencia. La atracción entre varias esferas alineadas crea un tubo como forma adecuada para las extremidades (Figura 4A). Otras formas, como la palma de la mano (Figuras 4B y D), pueden obtenerse organizando la interacción de las *Metaballs* de manera diferente (por ejemplo, a lo largo de una elipse). El camino tubular de *Metaballs* puede definirse mediante curvas de Bézier. Una vez que se ha creado la forma de la pierna/brazo básico, ésta puede modificarse utilizando la GUI (Figura 4C). El usuario puede modificar parámetros como la curvatura, orientación de las piezas con respecto a una con la otra y finalmente asignar un esqueleto de animación, guardar el modelo en el editor y realizar una consulta de inserción para el banco de datos. El esqueleto de animación se crea automáticamente una vez terminada la forma de la extremidad. El algoritmo combina las *Metaballs* y crea

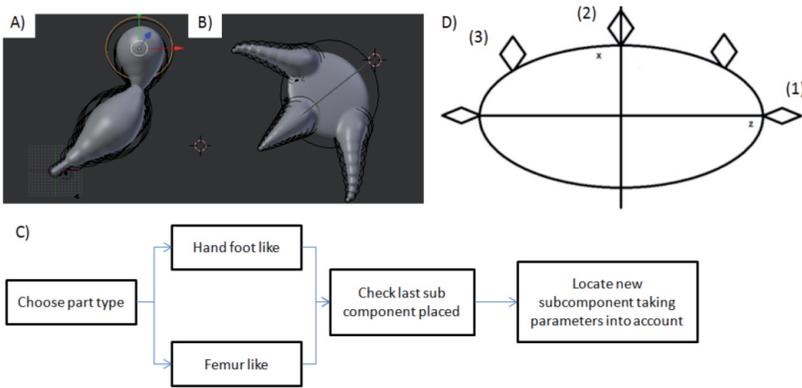


Fig. 4: Editor de extremidades. a) Forma tubular con Metaballs utilizando diferentes radios a lo largo de la ruta. b) pie usando curvas de Bézier para los dedos y una elipse para la palma. c) Flujo de trabajo para la construcción de una extremidad. d) Distribución de los dedos del pie de un primate

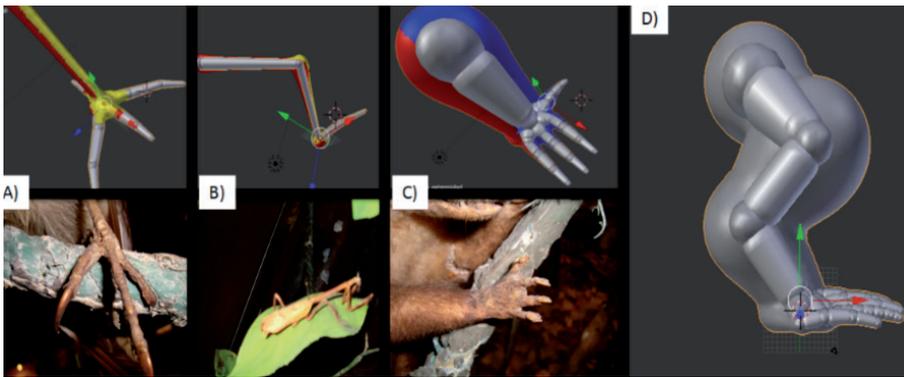


Fig. 5: Extremidad generada en módulo de Blender. a) aves. b) insectos. c) mamíferos. d) miembro de primate con su esqueleto

una malla poligonal. En esta etapa, se colocan los huesos en cada subcomponente del miembro (Figura 5D). Así, recreamos las extremidades de animales del bosque seco (Figuras 5A, B y C).

#### 4. MANEJO DE CONTENIDOS

El modelo de gestión de contenidos proporciona una herramienta flexible para la creación de contenidos y narrativas para entretener y educar en los museos. Hemos seguido el enfoque de colaboración humana [20] permitiendo a los usuarios crear y complementar sus clasificaciones. La Figura 6 muestra las entidades que apoyan el modelo. El elemento más importante en un museo es el objeto (es decir, la pieza de una exposición). Todos los objetos del museo pertenecen a una colección. Ambos, objetos y colecciones tienen acontecimientos históricos en el Museo (historia). También, pueden tener una o varias ubicaciones. Por ejemplo, el lugar donde fue encontrado el objeto o el lugar donde se guarda el objeto. Una persona puede ser responsable de una colección o pudo encontrar un objeto (personas). Por último, colecciones y objetos pueden tener asociadas características

tales como tamaño, color o textura (entre otros) o documentos tales como fotografías, mallas 3D, multimedia, documentos.

#### 5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Hemos descrito nuestros avances hacia un modelo para la generación de conteni-

dos educativos en museos, proporcionando algunas ideas sobre cómo el sistema debe ser flexible y no intrusivo. Algunas partes de esta arquitectura son todavía conceptuales y requieren más desarrollo (especialmente aspectos de la integración de alto nivel de las herramientas). Nuestros principales avances incluyen: un libro de AR, un entorno de VR preliminar, una herramienta de modelado 3D y un sistema de gestión de contenidos. Mobiliario, señalización, cartelería, sistemas basados en tecnologías y objetos de la exposición no necesitan ser descartados, incluso cuando son específicos de una temática y no se puede cambiar. El objetivo final de MOMU (el corazón en la Figura 1) es crear una herramienta capaz de integrar lo que se desea crear, una experiencia educativa y divertida particular. Por ejemplo, hemos podido crear experiencias de entretenimiento inspiradas en historias de museos, exposiciones o escenarios [21] que podrían integrarse con MOMU.

Con nuestro libro de AR, hemos sido capaces de: (1) incluir todos los tipos de datos principales; (2) ofrecer una interfaz de edición basada en cuadros de diálogo; (3) ofrecer herramientas de autoría para crear páginas e introducir marcadores relacionados con elementos tales como: maquetas virtuales, animaciones, videos, sonidos, imágenes y gestos basados en Kinect para crear cualquier libro. Tenemos que mejorar el libro proporcionando interacción sin marcadores y proporcionando páginas donde el visitante pueda crear contenido nuevo.

Tomamos como condición previa que un conjunto de componentes animales puede ser clasificado y almacenado y luego los componentes se pueden juntar para

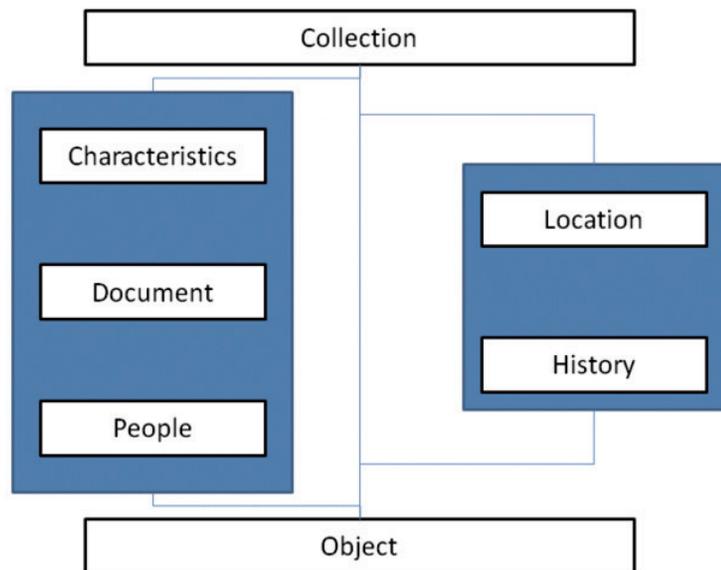


Fig. 6: Entidades en el modelo

crear un nuevo animal. Nuestro objetivo es facilitar la creación por parte de no expertos a través de un conjunto de parámetros apoyado por un modelo matemático y una clasificación gráfica que sigue una morfología definida por el usuario. Estas características traen oportunidades tales como la definición de distintas taxonomías morfológicas consistentes con el conocimiento anatómico del usuario. El banco de datos gráfico es flexible y permite la inclusión de cualquier parte con sus parámetros, pero los parámetros definidos en los módulos de Blender no son dinámicos. Se espera tener al menos los siguientes módulos: cuerpo, cabeza, ojos, oídos, boca, pico, alas y colas, para crear animales completos rápidamente.

Hemos creado una base de datos capaz de almacenar toda la información y documentos relacionados con los objetos y colecciones. Sin embargo, todavía no hemos logrado una flexibilidad total y la máxima integración en el modelo. Aunque creemos que la programación y evolución del modelo existirá siempre, esperamos que en el futuro todos los componentes del modelo faciliten el trabajo del equipo interdisciplinar para construir una experiencia de aprendizaje y entretenimiento.

## PARA SABER MÁS

- [1] Russo A, Watkins J, Kelly L, Chan S. "Social interaction and cultural interaction in museums." *Nordisk Museologi*. 2007. Vol. 1. p.19-29. <http://www.nordiskmuseologi.org/English/ANGELINA%20RUSSO.pdf>
- [2] Russo A, Watkins J, Kelly L, Chan S. "How will social media affect museum communication?" *Nordic Digital Excellence in Museums conference (NODEM 06)*, 2006. <http://eprints.qut.edu.au/6067/>
- [3] Clegg T, Gardner C, Williams O, Kolodner J. "Promoting Learning in Informal Learning Environments". S. Barab, K. Hay, & D. Hickey (Eds.), *Proceedings of the seventh International Conference of the Learning Sciences*, 2006. p. 92-98.
- [4] Ciolfi L, Bannon L, Fernström M. "Including visitor contributions in cultural heritage installations: Designing for participation". *Museum Management and Curatorship*, May 2008. Vol 23-4, p.353-365. doi:10.1080/09647770802517399.
- [5] Hall T, Bannon L. "Designing ubiquitous computing to enhance children's interaction in museums." *Proceedings of the 2005 conference on Interaction design and children (IDC '05)*. ACM, New York, NY, USA, 2005. p.62-69. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1109540.1109549>.
- [6] Styliaras GD. "A web-based presentation framework for museums." *Proceedings of the 2007 Euro American conference on Telematics and information systems (EATIS '07)*. ACM, New York, NY, USA, 2007. Article 13, 8 pages. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1352694.1352708>.
- [7] White M, Mourkoussis N, Darcy J, Petridis P, Liarokapis F, Lister P, Walczak K, Wojciechowski R, Cellary W, Chmielewski J, Stawniak M, Wiza W, Patel M, Stevenson J, Manley J, Giorgini F, Sayd, P, Gaspard F. "ARCO: An Architecture for Digitization, Management and Presentation of Virtual Exhibitions. In *Proceedings of the Computer Graphics International (CGI '04)*." IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2004. p.622-625. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/CGI.2004.16>.
- [8] Ochoa-Angrino S, Aguilar-Zambrano J, Jaramillo A, Henao L. "Triz y análisis cognitivo de tareas en el diseño de escenarios de aprendizaje para museos." *Memorias de II Conferencia Internacional de Integracao de Design, Engenharia e Gestao para a inovacao*, 2012.
- [9] Price S. "A representation approach to conceptualizing tangible learning environments." *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction (TEI '08)*. ACM, New York, NY, USA, 2008. p-151-158. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1347390.1347425>.
- [10] Wang X. "Augmented Reality: A new way of augmented learning." *eLearn* 2012, 10 pages. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2380716.2380717>.
- [11] Do TV, Lee JW. "Creating 3D E-books with ARBookCreator". *Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE '09)*. ACM, New York, NY, USA, 2009. p.429-430. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1690388.1690484>.
- [12] Billinghamurst M, Kato H, Poupyrev I. "The MagicBook - moving seamlessly between reality and virtuality". *IEEE Computer Graphics and Applications*, May/June 2001. Vol. 21-3, p. 6-8. doi: 10.1109/38.920621.
- [13] Francese R, Passero I, Tortora G. "Wiimote and Kinect: gestural user interfaces add a natural third dimension to HCI". *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces (AVI '12)*, Genny Tortora, Stefano Levialdi, and Maurizio Tucci (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 2012. p.116-123. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2254556.2254580>.
- [14] Christian C. Ventas, Andrés A. Navarro-Newball, Deivy A. Velasco, Edmond C. Prakash. "A Programming Library for Creating Tangible User Interfaces." *GSTF Journal on Computing (JoC)* Vol.4 No.1, 23-32, 2014 ISSN: 2251-3043 DOI: 10.5176/2251-3043\_4.1.304.
- [15] Katz S, Tal A. "Hierarchical mesh decomposition using fuzzy clustering and cuts." *ACM Trans. Graph.* July 2003. Vol. 22-3. p.954-961. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/882262.882369>.
- [16] Darwin C. "On the Origin of Species: By Means of Natural Selection Or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life". *Cosimo classics science*. Cosimo. 2007. ISBN10: 1602061440.
- [17] Funkhouser T, Kazhdan M. "Shape-based retrieval and analysis of 3D models." *ACM SIGGRAPH 2004 Course Notes (SIGGRAPH '04)*. ACM, New York, NY, USA, 2004. Article 16. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1103900.1103916>.
- [18] Jain A, Thormhlen T, Ritschel T, Seidel H. "Exploring Shape Variations by 3D-Model Decomposition and Part-based Recombination." *Computer Graphics Forum*, 2012. Vol.31-2. p.631-640. doi: 10.1111/j.1467-8659.2012.03042.x.
- [19] Akimoto T, Ogata, T. "Towards an Integrated Narrative Generation System Based on Structural Techniques and Generation Control". *Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning (DIGITEL)*, 2012 IEEE Fourth International Conference on, Takamatsu, 2012, p. 174-176. doi: 10.1109/DIGITEL.2012.50.
- [20] Farrimond B, Presland S, Bonar-Law J, Pogson F. "Making History Happen: Spatiotemporal Data Visualization for Historians." *Computer Modeling and Simulation*, 2008. EMS '08. Second UKSIM European Symposium on, Liverpool, 2008, p. 424-429. doi: 10.1109/EMS.2008.42.
- [21] A.A. Navarro Newball, I. Moreno Sánchez, E. Prakash, Ali Arya, V.E. Contreras Roldán, V.A. Quiceno Rios, J.D. Mejía Mena, D.F. Loaiza, S. Lozano P.; "Gesture based human motion and game principles to aid understanding of science and cultural practices". *Multimedia Tools And Applications* ISSN: 1380-7501: Springer, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-015-2667-5>.

## AGRADECIMIENTOS

Canadian Museum of Science and Technology y Aviation Museum, Ottawa; INCIVA - Instituto para la Investigación y Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca, Cali; Museo de América, Madrid.