

# Enseñar a construir edificios históricos en realidad virtual: Una estrategia didáctica para el aprendizaje de la historia del arte en la educación secundaria.

(Traducción al castellano por el autor)

Eloi Biosca Frontera

[ebiosca@xtec.cat](mailto:ebiosca@xtec.cat)

Departament de Didàctica de les Ciències Socials

Facultat de Formació del Professorat

Universitat de Barcelona

Este artículo fue publicado en 2009 en la revista THEMES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION en un número especial sobre realidad virtual y educación, con el título original: *Teaching Students to Build Historical Buildings in Virtual Reality: A Didactic Strategy for Learning History of Art in Secondary Education.*

## **Resumen**

El contenido de este artículo ofrece la descripción y las conclusiones de un estudio de caso efectuado en un aula de enseñanza secundaria, el cual ha tenido como objetivo experimentar y observar cómo unos alumnos de 13 años aprenden historia de la arquitectura en través de la manipulación de un complejo software de realidad virtual.

En un marco de aprendizaje autónomo y activo los alumnos se convierten en los constructores de los edificios históricos que son objeto de estudio. Así, por ejemplo, el alumno aprende las características de la arquitectura románica y gótica a partir del reto de construir, pieza a pieza y en el ordenador, varios edificios del estilo respectivo en realidad virtual.

Este método convierte al alumno en el protagonista de su aprendizaje y le permite un alto grado de autonomía y de creatividad. Al mismo tiempo, la gran interactividad que propicia, la espectacularidad de las recreaciones virtuales y el carácter estimulante de las actividades son importantes factores motivadores que incrementan la concentración y el rendimiento académico.

### **¿Para qué utilizar la realidad virtual en la enseñanza?**

Hoy en día, el mundo real donde los chicos viven se rige por unos parámetros completamente diferentes a los que han servido de fundamento a la pedagogía tradicional. Entre los valores emergentes se encuentran de forma destacada la espectacularidad, la búsqueda de estímulos constantes, la autonomía de movimientos y la satisfacción inmediata del esfuerzo empleado. Los alumnos viven rodeados de múltiples experiencias sensoriales, aprenden cuando todos los sentidos de su cuerpo están involucrados en el proceso de aprendizaje y les gusta ser los protagonistas, o por lo menos unos participantes activos, de las actividades que llevan a cabo. Para ellos el aprendizaje debería ser entretenido, excitante y activo.

Si bien es evidente que una pedagogía que sólo tuviera en cuenta estos valores encaminar la enseñanza en la línea de la banalidad y la trivialidad, se puede encontrar una vía intermedia y, en este sentido, la realidad virtual puede ser una tecnología útil en la medida que, por su espectacularidad y por el

enorme atractivo que despierta, contiene de forma intrínseca todos estos nuevos valores, mientras que a su vez, como herramienta educativa es capaz de facilitar un buen aprendizaje, tanto a nivel de competencias como de contenidos

En estos momentos la realidad virtual es una tecnología que tiene importantes aplicaciones en el mundo educativo (Pantelidis, 1997). A nivel del aprendizaje de la Historia y, sobre todo de la historia de la arquitectura, son indudables los beneficios que comporta a nivel didáctico la posibilidad de que el alumno pueda pasear libremente y en tiempo real por espacios y escenarios históricos reconstruidos virtualmente al ordenador (Sanders, 2008). De esta manera, el alumno, gracias a la realidad virtual puede entender la arquitectura de un edificio y los elementos que lo integran, de una manera natural, intuitiva y con todos los sentidos involucrados, como si estuviera llevando a cabo una visita real. Sin embargo, si bien es evidente que el alumno tiene un papel activo y autónomo en esta visita, ya que puede entrar libremente en el edificio y decidir aspectos como el itinerario, el ritmo del paseo, el tiempo que quiere dedicar, las partes del edificio que le interesan y el punto de vista desde el que las quiere contemplar, está claro que no puede cambiar los elementos que integran el mundo virtual ni tampoco modificar su forma y, evidentemente, no ha intervenido en su diseño. En las pocas ocasiones que los alumnos de educación primaria y secundaria tienen la oportunidad de utilizar la tecnología de realidad virtual en el aula, estos hacen el papel de consumidores de unos mundos previamente diseñados y publicados por empresas o centros de investigación y difusión cultural.

En este sentido, y yendo un paso más allá, nos podríamos plantear qué pasaría si el alumno pudiera convertirse en el constructor de los monumentos arquitectónicos virtuales que son objeto de estudio en sus respectivos currículos escolares. Es decir, se trataría de observar qué implicaciones didácticas supondría el hecho de que el alumno pudiera construir pieza a pieza un monumento histórico utilizando un software de realidad virtual. ¿Mejoraría el nivel de los contenidos aprendidos? ¿Qué dinámicas se establecerían en el aula entre los alumnos y el profesor? ¿Cómo afectaría al grado de motivación y de interés de los alumnos? ¿Qué dificultades encontrarían los alumnos en el

aprendizaje de un software de realidad virtual? A todas estas preguntas intenta responder la investigación que sigue a continuación.

## **Metodología**

El presente artículo es fruto de un trabajo de campo, innovador en nuestro país, que ha servido de base para una tesis doctoral en la Universidad de Barcelona dirigida por el Dr. Joaquim Prats. El estudio se ha fundamentado en el uso de la Realidad Virtual como herramienta de aprendizaje de la historia de la arquitectura y se ha desarrollado dentro de un aula de un instituto de enseñanza secundaria, el IES Eugeni d'Ors de Vilafranca del Penedès, en Cataluña.

El proyecto se ha desarrollado a lo largo de tres cursos comprendidos entre el 2004 y el 2007 y durante tres trimestres cada curso. Al mismo tiempo, se ha integrado dentro de la estructura organizativa del centro y del currículo educativo tomando la forma de una materia trimestral optativa. El número total de alumnos involucrados ha sido de 133, con una media de 13-14 alumnos por trimestre, y el nivel educativo elegido ha sido el de 2 º de ESO, que corresponde a alumnos de 13 años.

El método didáctico aplicado en el trabajo de campo ha tomado como base el trabajo autónomo y colaborativo y, con este objetivo, se ha dividido el grupo-clase en parejas de alumnos con un ordenador cada una. Tal y como se puede ver en las figuras 1 y 2, el espacio donde se ha desarrollado la experiencia ha consistido en un aula con un mínimo de diez ordenadores PC convencionales (sin dispositivos externos tales como cascos o guantes), con conexión en internet y con la presencia de una pizarra digital interactiva.



Figura 1. El aula



Figura 2. Pareja de alumnos trabajando.

La observación y la recogida de datos en relación al desarrollo del trabajo de campo se ha efectuado a partir de un diario de sesiones, tres informes de observadores externos y unas entrevistas grabadas en vídeo a todos los alumnos.

Esta investigación es de tipo experimental y se enmarca en los estudios de caso único (López-Barajas, 1995) en los que el investigador no se limita a ser un observador sino que, además, es un agente que participa activamente en el

objeto de estudio encargándose de la puesta a prueba y experimentación de las diversas estrategias, actividades y materiales previstos en el guión del proyecto. En este sentido, el trabajo de campo ha sido llevado a cabo con la presencia diaria en el aula, como profesor responsable, del autor de la presente investigación, que es miembro de la plantilla del centro educativo donde se ha desarrollado. También hay que puntualizar que el hecho de que a su capacitación docente se añada un adecuado conocimiento del software de realidad virtual a nivel profesional, ha permitido que no fuera necesaria la presencia de un técnico de apoyo.

El objetivo principal de la investigación ha consistido en observar la naturaleza y la dinámica del aprendizaje que se produce en un aula cuando se sigue una metodología en la que el alumno es el diseñador de monumentos históricos en realidad virtual.

Esta metodología ha partido de los siguientes parámetros:

En primer lugar, para poder construir un mundo virtual es necesario aprender y dominar el funcionamiento de un software apropiado, el cual en la mayoría de los casos suele ser una compleja herramienta de desarrollo que no ha sido diseñada con ninguna finalidad didáctica, sino que ha sido pensada exclusivamente para el trabajo con profesionales y empresas que se dedican a la producción de mundos virtuales. Por este motivo, el primer reto que hubo que afrontar fue el de convertir un software de estas características en una herramienta educativa dirigida a un trabajo en el aula entre alumnos de 13 años, lo que obligaba a tomar en consideración dos aspectos:

El primero consistía en la necesidad de encontrar un software, cuyo funcionamiento no exigiera unos equipamientos específicos y costosos que estuvieran fuera del alcance de un centro educativo de secundaria. En este caso, el software elegido fue Superscape 3D Webmaster, que a pesar de no estar pensado para unas finalidades educativas, ofrecía las ventajas de una fácil instalación y un cómodo funcionamiento en una aula con ordenadores PC convencionales.

El segundo estaba relacionado con las dificultades que podía presentar su aprendizaje entre alumnos de 13 años. En este punto, y dada la complejidad de aprendizaje y de funcionamiento del software respecto a un alumno de esta edad, había que diseñar estrategias didácticas que pudieran hacer viable su

uso. Este último aspecto era muy importante y básico para llevar a cabo esta experiencia y fue resuelto a partir de una selección de los módulos de que consta el software. De esta manera los alumnos sólo tenían que aprender el funcionamiento de uno de los módulos, el World Editor, que es el que les permitía construir los edificios colocando las piezas y moviéndose de una forma bastante intuitiva.

Al mismo tiempo, el aprendizaje de este módulo se planificó a partir del desarrollo de un tutorial específico adaptado a las capacidades de los alumnos y los objetivos del trabajo de campo, el cual fue necesario elaborar al margen del que ofrece el propio software, el cual, lógicamente, va destinado específicamente a un aprendizaje profesional y exhaustivo. El nuevo tutorial consistía en una guía que conducía paso a paso en el proceso de construcción de una pequeña capilla románica, en el transcurso del cual el alumno aprendía a manejar los menús y los comandos básicos del software.

Otro de los puntales de esta metodología consistió en definir cuáles serían los edificios históricos que se trabajarían y qué recursos educativos estarían al alcance de los estudiantes para poder construirlos. Respecto al primer punto se decidió incluir los monumentos más representativos de los períodos históricos que se estudian dentro del currículum de la etapa educativa correspondiente, los cuales hacen referencia al período romano y medieval y que más adelante detallaremos.

En relación a los recursos que había que poner a disposición de los alumnos, se optó por diseñarlos ex profeso, dada la falta de materiales educativos apropiados en el mercado y, en caso de que hubieran existido, a la dificultad de adaptarlos a una dinámica educativa tan específica.

Estos recursos fueron los siguientes:

- a) Una librería de piezas tridimensionales específica para cada uno de los edificios y estilos (figura 3). Estas librerías consistían en una colección de elementos arquitectónicos de tipo tridimensional, propios de cada estilo y que constituían todo el material de construcción de los monumentos, como por ejemplo, arcos, bóvedas, columnas, capiteles,

cúpulas, ventanas, paredes, etc , los cuales podían ser seleccionados, movidos y modificados libremente para construir el edificio.

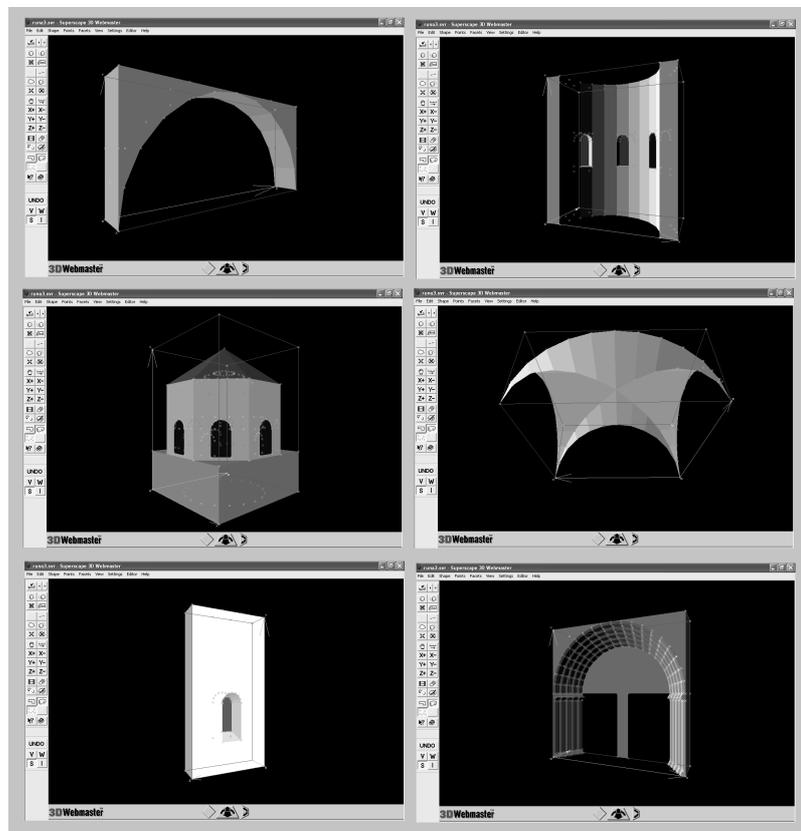


Figura 3: Librería de elementos de arquitectura románica.

b) Dos edificios históricos en realidad virtual, el templo romano de Barcelona y una iglesia románica, los cuales eran presentados en estado ruinoso, con muchas partes desaparecidas y otras en estado incompleto o medio destruidas. Eran unos material pensados para que el alumno pudiera llevar a cabo la reconstrucción de estos edificios históricos in situ y con el aspecto original que tenían antes de la destrucción. En este aspecto, cabe

decir que trabajar sobre una ruina tiene un potencial pedagógico importante, ya que obliga al alumno a identificar los elementos que quedan en pie, sustituir los elementos medio destruidos (lo que implica interpretar qué aspecto podían tener originalmente y decidir la pieza adecuada) y añadir los elementos y las partes que faltan a partir de la observación de otras construcciones. De esta manera se desarrollan competencias básicas relacionadas con la observación, la interpretación y la deducción.

c) Para que el alumno pudiera conocer las características y las técnicas constructivas de los edificios que tenía que construir, se diseñaron unos materiales de consulta que tenían la función de facilitar el acceso a unos conocimientos imprescindibles sobre el estilo arquitectónico y el contexto histórico de cada monumento. Estos fueron dos materiales digitales en los que la información visual tenía un papel preponderante muy por encima de la textual y consistieron en dos videojuegos y dos presentaciones de diapositivas. En el primer caso, los videojuegos ofrecían la posibilidad de encontrar la información dentro de la dinámica interna del juego de una forma lúdica, amena y participativa y permitían observar el proceso y las técnicas de construcción de dos edificios históricos: El templo romano de Barcelona y una iglesia románica. En el segundo, las presentaciones ofrecían exclusivamente una información visual sobre la arquitectura gótica y la bizantina en forma de diapositivas, con unas posibilidades de interacción más reducidas por parte del usuario.

Con estos recursos y siguiendo la metodología descrita anteriormente, el núcleo central del trabajo de los alumnos consistió en la realización en Realidad Virtual de cuatro edificios históricos, una muestra de los cuales se presenta a continuación: <sup>1</sup>

- La reconstrucción de una iglesia románica en ruinas (figuras 4, 5 y 6), en la que el alumno debía restituir in situ el aspecto original de una iglesia románica a partir de los restos existentes.

---

<sup>1</sup> En el siguiente enlace, el lector puede entrar y pasear por algunos de los edificios construidos por los alumnos, al mismo tiempo que acceder a los materiales de consulta descritos mas arriba. <http://www.xtec.cat/~ebiosca/tesi/>

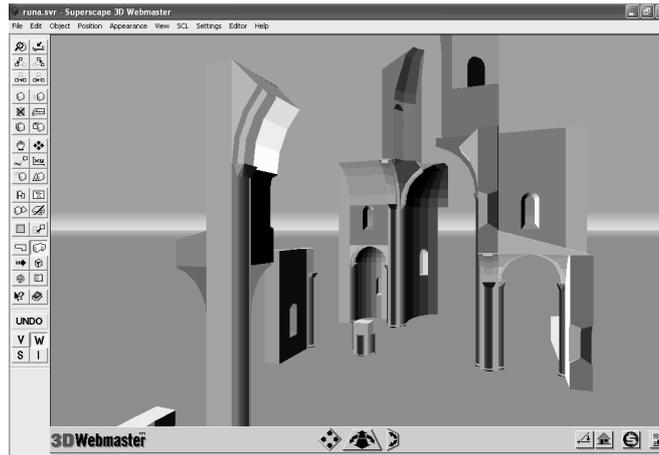


Figura 4: Ruinas virtuales de una iglesia románica.

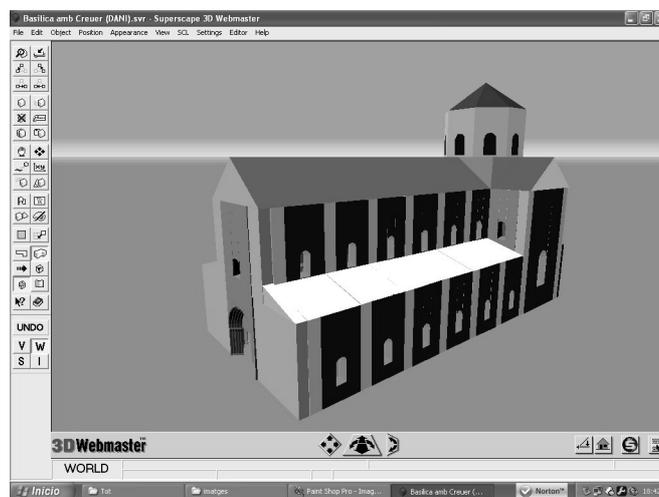


Figura 5: Reconstrucción efectuada in situ. Vista del exterior.

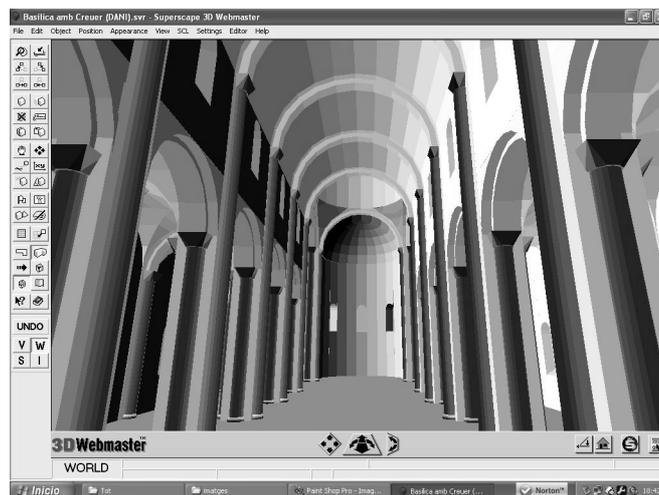


Figura 6: . Reconstrucción efectuada in situ. Vista del interior.

- La construcción de una iglesia gótica (figuras 7, 8, 9 y 10), donde el alumno debía construir un templo gótico partiendo de cero, pudiendo elegir libremente su tipología, forma y dimensiones.

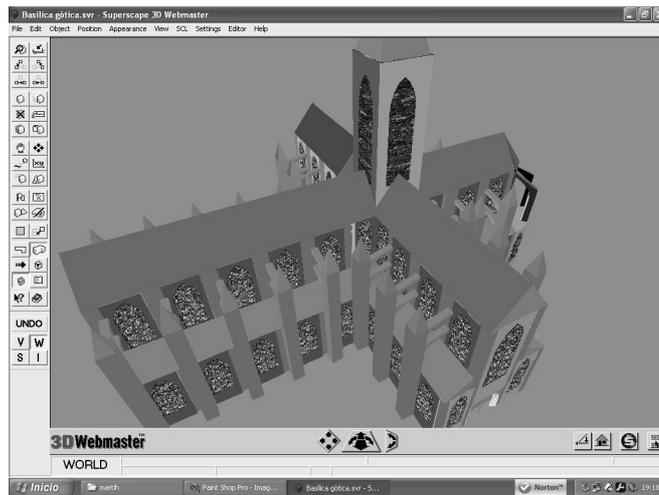


Figura 7: Exterior de una iglesia en estilo gótico francés.



Figura 8: Interior de una iglesia en estilo gótico francés.

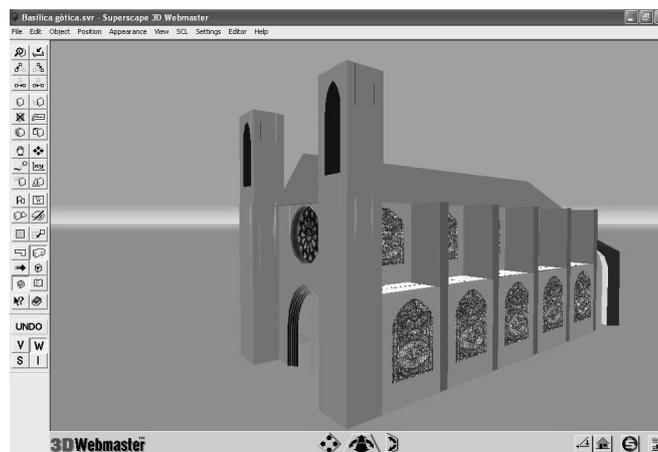


Figura 9: Exterior de una iglesia en estilo gótico catalán.

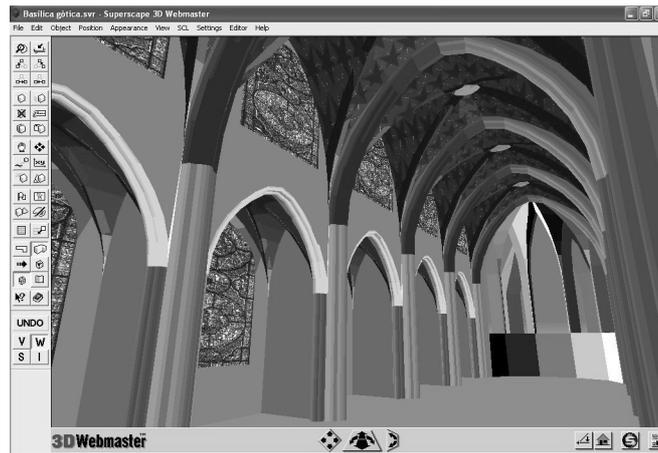


Figura 10: Interior de una iglesia en estilo gótico catalán.

- La reconstrucción del templo romano de Barcelona (figuras 11 y 12)

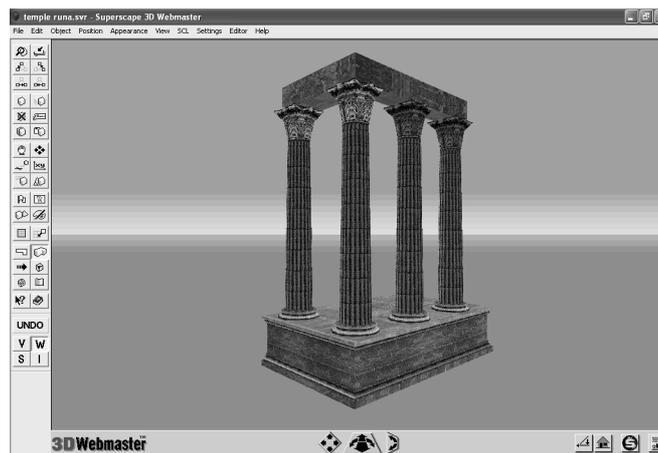


Figura 11: Restos virtuales del templo romano.

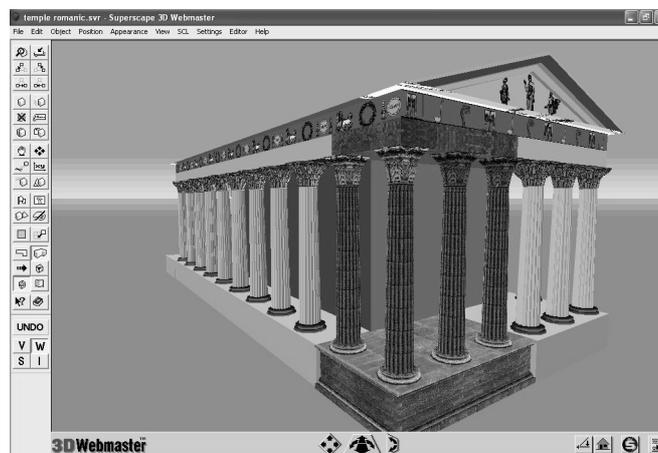


Figura 12: . La reconstrucción virtual con su posible aspecto original.

- La construcción de Santa Sofía de Estambul (figuras 13 y 14), en la que el alumno tenía que hacer una réplica del templo más representativo de la arquitectura bizantina.

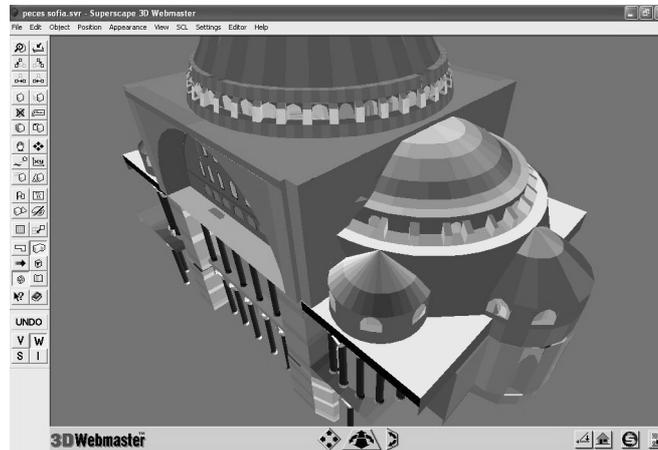


Figura 13: Exterior de Santa Sofía.

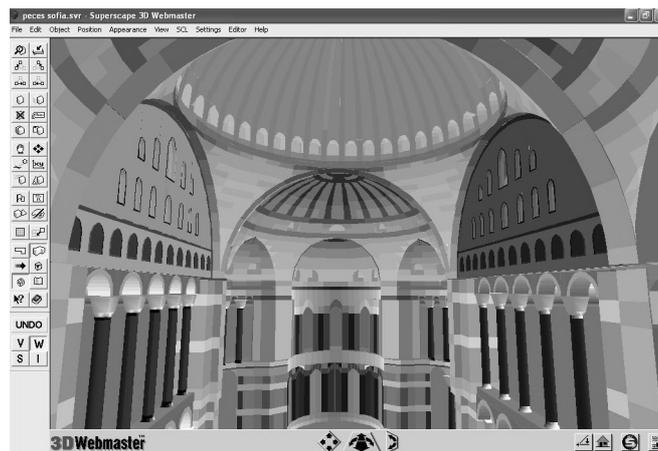


Figura 14: Interior de Santa Sofía.

## Resultados y conclusiones

La aplicación de una tecnología innovadora en la práctica educativa incide tanto en la calidad y la cantidad de los contenidos que se aprenden como especialmente sobre la forma en que el conocimiento es producido y las competencias que desarrolla el alumno (Coll, 2003). Por este motivo, es importante valorar qué se gana y qué se pierde en todos estos aspectos en un entorno de aprendizaje que toma como base el uso educativo de la realidad virtual.

## ¿Qué y cómo se aprende?

En un entorno de aprendizaje de este tipo, el objetivo no consiste en aprender unos conocimientos exhaustivos y estructurados que el profesor imparte de forma magistral sino en aprender estos mismos contenidos a través de la tarea de construir virtualmente un monumento histórico. El alumno aprende los conceptos y los contenidos de forma autónoma a partir de una interacción constante entre las fuentes de información y la actividad práctica de la construcción del edificio. Es decir, la intención es que el alumno se encuentre con los retos estructurales de los edificios inmerso dentro del mismo proceso de construcción y entonces, de forma autónoma, tenga que adoptar varias estrategias para solucionarlos, accediendo a los materiales de consulta para obtener información, formulando hipótesis y decidiendo en todo momento qué pieza sustituye a la que está dañada, cuáles son los elementos que faltan, así como el lugar y la posición que deben ocupar en el espacio. De esta manera el alumno no sólo es capaz de razonar sobre las posibilidades que se le abren, sino que las somete a comprobación experimental y saca conclusiones al respecto que le sirven para verificar las hipótesis iniciales, para refutarlas o para proponer otras nuevas.

Esta interactividad constante es la que produce un aprendizaje significativo de las características del edificio y del estilo histórico que se está estudiando y permite trabajar los contenidos curriculares de historia del arte a un nivel de profundidad superior a los esperados en una clase tradicional y con unos resultados muy satisfactorios (Ausubel, 1983).

En este sentido, y dado el nivel de dificultad y de complejidad que implica la tarea de construir virtualmente un edificio en un entorno de aprendizaje autónomo en el que el alumno debe buscar la información que necesita, podemos considerar que el rendimiento de trabajo ha sido muy alto, ya que se ha situado en una media de 3,5 construcciones virtuales al trimestre, que se corresponde con una media de entre 6 y 8 horas por construcción. Además, la calidad arquitectónica de las construcciones ha sido muy satisfactoria en un 89% de los trabajos presentados y la calificación media de todas las

construcciones realizadas ha sido bastante alta, con una puntuación de 7,2 puntos sobre 10.

Por otra parte, el análisis de las declaraciones de los alumnos en las entrevistas pone de manifiesto que el nivel y la calidad de los contenidos aprendidos son claramente percibidos como más satisfactorios que los que se obtendrían a partir de una clase tradicional. Esto se debe a que el alumno puede construir su propio conocimiento dentro de un proceso de realización de actividades altamente significativas (Ausubel, 1983).

### **¿Qué tipo de alumnado resulta más beneficiado?**

Para empezar hay que señalar que el criterio de asignación de alumnos no tuvo en cuenta ninguna clasificación o separación por niveles, sino que en todos los trimestres el grado de diversidad que se daba entre el alumnado que asistía fue el general y normal en un centro educativo público.

La comparación entre los resultados académicos obtenidos en relación a los de las demás asignaturas nos permite observar lo siguiente: Entre los alumnos que acostumbraban a recibir buenas calificaciones en el resto de las asignaturas, los resultados académicos obtenidos en las construcciones virtuales también fueron altos, con una media ligeramente superior (0,5 puntos de distancia a favor de estas últimas); al mismo tiempo, en el caso de los alumnos de rendimiento medio, flojo o deficiente, las calificaciones obtenidas en las construcciones virtuales registraban una diferencia aún mayor respecto a las que obtenían en las otras asignaturas (1,5 puntos más). Por lo tanto, coincidiendo con los trabajos de Osberg (1997) y Marchesi (2004), el grupo de alumnos más beneficiado por esta metodología corresponde a los de rendimiento medio y bajo. En este sentido, considerando que uno de los retos de la pedagogía consiste en mejorar el rendimiento global acercando los resultados de los alumnos con más problemas a los alumnos más aventajados, sin que este proceso implique un descenso de la exigencia y del nivel de los contenidos; podemos concluir que la valoración del trabajo de campo es muy positiva.

Por otra parte, si entramos en valorar cuestiones de género, el análisis de los resultados nos permite concluir que las diferencias más claras sólo afectan a la

motivación inicial. Es decir, dado que esta experiencia se integraba en una asignatura de libre elección, se detectó un mayor interés previo para apuntarse entre los chicos, los cuales constituían de media un 68% del total de los alumnos asistentes frente un 32% de chicas. Este mayor interés inicial estaba relacionado entre los chicos con una especial curiosidad por la realidad virtual y una mayor predisposición para los usos del ordenador relacionados con actividades más técnicas y gráficas.

Sin embargo, el análisis de los diarios de sesiones y de las declaraciones orales de los alumnos en las entrevistas nos permite complementar estos datos y ver cómo, en relación al trabajo diario en el aula, la motivación entre la mayoría de las escasas chicas que integraban el grupo era tan alta como la de los chicos y se incrementa a lo largo del trimestre, si bien constituían el único colectivo donde aparecían algunas de las muy pocas expresiones de desinterés o de disgusto. Al mismo tiempo, era sintomático que el interés por instalar el software en el ordenador de casa para poder construir mundos virtuales al propio gusto, sólo se daba entre los chicos, lo que reforzaba la idea de una mayor predisposición entre estos en relación a este tipo de tecnología. De todos modos, en relación al rendimiento académico no se observó una diferencia significativa entre los resultados obtenidos por los chicos y los de las chicas. Además, en el caso del presente trabajo de campo hay que tener en cuenta que cualquier comparación en el rendimiento por géneros se ve afectada por una dificultad metodológica derivada de una disparidad demasiado elevada en el número de chicos y de chicas tanto a nivel global como en cada uno de los trimestres (dos chicos por cada chica).

### **La realidad virtual es un gran factor motivador**

El presente trabajo de campo corrobora lo que todos los experimentos con realidad virtual en el aula realizados en estas últimas décadas han puesto en evidencia: el elevado nivel de motivación despertado entre los alumnos (Youngblut, 1997). La motivación es un elemento determinante en el aprendizaje, ya que a más motivación más aprendizaje. Esto se manifestaba en las declaraciones de los alumnos, en las que el grado de interés y de

satisfacción en la realización de las actividades didácticas era considerado básico y fundamental para un buen aprendizaje.

Este interés se traducía en un ambiente en la clase relajado y agradable donde raramente se daban problemas de orden o disciplina, una actitud de colaboración y ayuda mutua entre los alumnos, y un estado anímico favorable y predispuesto al aprendizaje.

Entre los factores a tener en cuenta aparece de forma destacada la motivación inicial y previa, ya que entre los alumnos inscritos, un 78% confesó haberse apuntado movido por algún interés relacionado con la tecnología de realidad virtual, los contenidos trabajados y la metodología empleada.

### **¿Cuál es el método didáctico idóneo para trabajar con realidad virtual?**

Dado que el alumno es el constructor del edificio histórico que ha de estudiar, el entorno más adecuado para desarrollar estas actividades debe estar enmarcado dentro de una metodología de aprendizaje autónomo, activo y colaborativo. La implementación de la Realidad Virtual en este entorno de aprendizaje explica los buenos rendimientos de trabajo y el nivel de los resultados conseguidos, al tiempo que es la base principal sobre la que se sustenta la motivación de los alumnos.

Las ventajas de este método son los siguientes:

- a) El aprendizaje partía de cero. La complejidad y la dificultad de acceso a un software que no está preparado para el gran público ni para la educación igualaba a todos los alumnos en el mismo nivel inicial de desconocimiento en relación a su funcionamiento. Este aspecto era especialmente importante para los alumnos que solían arrastrar a lo largo de los cursos carencias de desarrollo competencial o de conocimientos, los cuales en este caso se veían liberados de la sensación de ir siempre atrasados.
- b) Teniendo en cuenta que un software es una herramienta, su aprendizaje es progresivo. Es decir, en el transcurso del proceso, el alumno podía

observar y era consciente de los progresos que estaba realizando en relación al conocimiento y al dominio del software.

- c) El aprendizaje producía una satisfacción instantánea e inmediata. Cada pequeño esfuerzo invertido en la manipulación del software, cada paso en la construcción de un edificio virtual tenía un resultado evidente y gráfico que a su vez requería de una rápida autoevaluación por parte del alumno para comprobar si lo estaba haciendo bien o no, sin necesidad de depender siempre de la opinión del profesor. Cada pequeño éxito y la constatación evidente y visual del propio progreso (el alumno era el agente activo de la construcción del edificio y veía como este iba alzándose ante sus ojos) tenía un efecto retroactivo que retroalimentaba su motivación y su interés, emociones que estaban en la base de una percepción, entre los alumnos, del trabajo y el aprendizaje como actividades placenteras.
- d) De acuerdo con las observaciones que Gee (2007) y Johnson (2009) han hecho en relación a las causas del enorme interés que despiertan los videojuegos, las actividades tendían a situar al alumno en el límite de lo que era capaz de hacer. Es decir, los retos intelectuales que presentaba el proceso de construcción, y el nivel de las competencias que se desarrollaban no estaban ni por encima de las posibilidades cognitivas de los alumnos ni tampoco por debajo, sino justo en el nivel en el cual al alumno le suponía tener que realizar un esfuerzo que, al mismo tiempo, no era imposible o excesivamente difícil de afrontar. En una actividad constructiva se alternaban por un lado, momentos de observación y de reflexión que comportaban asumir riesgos y afrontar un determinado nivel de dificultad, y por otro situaciones más monótonas donde el alumno ejecutaba unas acciones más repetitivas y mecánicas. En ambos casos, el esfuerzo que los alumnos tenían que emplear, aunque era de naturaleza diferente, (en el primer caso estaba relacionado con ejercicios cognitivos inherentes al método científico y a la necesidad de tomar decisiones, y en el segundo con el dominio suficiente de un software complejo y abundantes dosis de paciencia y de constancia), era importante, estaba al alcance de sus posibilidades y

permitía combinar momentos de nivel de complejidad diferente que se complementaban sin llegar a presentar una dificultad o facilidad excesivas que, caso de que se dieran, hubieran hecho perder el interés y la motivación.

- e) Autonomía de trabajo. Cada grupo podía trabajar a su propio ritmo, sin la dirección constante del profesor, el cual se convertía en un guía que orientaba, corregía y estimulaba.

### **¿Es posible convertir un complejo software de desarrollo de Realidad Virtual en una herramienta educativa al alcance de un instituto de secundaria?**

La posibilidad de manipular un software de desarrollo dotaba a los alumnos del mismo grado de libertad y de creatividad de que gozan los profesionales cuando diseñan sus productos virtuales. Por otra parte, en relación al grado de dificultad que presentaba su aprendizaje y manejo entre alumnos de 13 años se pudo constatar que pese a que en las primeras fases del trabajo de campo los alumnos experimentaban un mayor grado de dificultades en el manejo del software, debidas especialmente a la falta de experiencia y de seguridad, en las fases posteriores esta dificultad desaparecía por completo demostrando un importante nivel de comprensión y de uso del software que los animaba a querer aprender otros módulos del software que no estaban previstos. Este buen dominio del software se demostró también en el rendimiento de trabajo, el cual resultó superior al esperado inicialmente.

### **¿Se ha podido encontrar un sistema de evaluación adecuado?**

Osberg (1997), Younglut (1998) y Roussou (2006), así como la mayoría de los estudios y las experiencias efectuadas hasta el momento avisan de la dificultad de encontrar un sistema de evaluación que permita valorar adecuadamente los contenidos aprendidos y las competencias desarrolladas dentro de un aprendizaje basado en el uso de la realidad virtual como herramienta educativa. Especialmente resaltan que hay que encontrar un método propio

que se adapte a un nuevo entorno de aprendizaje en el cual el sistema de evaluación tradicional basado en los tests presenta muchas limitaciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, y dado que, en el caso que nos ocupa, el proceso de aprendizaje se ha fundamentado en la construcción en realidad virtual de varios edificios históricos, la evaluación de los conocimientos aprendidos y de las competencias desarrolladas se ha fundamentado en dos pilares que hacen referencia exclusivamente a la valoración de la actividad práctica del proceso de aprendizaje centrada en los resultados de las actividades constructivas. Por un lado, la evaluación se ha basado en la observación de la forma de trabajar y de gestionar la información, y por otra en la valoración arquitectónica de los edificios virtuales resultantes. En el primer caso se han valorado los siguientes factores: la forma cómo se han administrado los recursos que los alumnos tenían al alcance, el nivel de razonamiento y de reflexión que han ejercido y el tipo de interrelación y participación que se ha dado en el interior de los grupos de trabajo, y en el segundo se han considerado otros aspectos como el número de construcciones realizadas, la fidelidad al estilo histórico correspondiente y el nivel de calidad arquitectónica alcanzado.

En el proceso de evaluación hemos creído importante tener en cuenta lo que Carretero (1993) denomina experiencia acumulada. Este concepto deriva de la propia dinámica constructiva de un edificio en realidad virtual en un entorno de aprendizaje autónomo, y consiste en un proceso por el cual el alumno va comprendiendo de forma progresiva aspectos del estilo arquitectónico (como por ejemplo, la distribución de los espacios y los elementos estructurales), a medida que va construyendo el edificio, produciéndose una interacción entre la experiencia que va adquiriendo en el manejo del software y los datos que le aportan los materiales de consulta.

Sin embargo, si bien la calificación global del alumno ha sido valorada exclusivamente en base a una evaluación continua efectuada a partir de los resultados tangibles de la actividad práctica (los edificios virtuales), las observaciones diarias y el seguimiento del trabajo de los alumnos, también se han introducido unos elementos de evaluación procedentes del aprendizaje tradicional, que han consistido en unas pruebas-test efectuadas al inicio y al

final del trimestre, cuyo objetivo ha sido aportar datos complementarios que pudieran ofrecer otros puntos de vista y que permitieran contrastar los dos métodos de evaluación, teniendo en cuenta, sin embargo, que sus resultados no tendrían influencia ni serían considerados en la calificación global. Las pruebas-test consistían en un conjunto de fotografías de diferentes edificios correspondientes a los estilos estudiados, en las que los alumnos tenían que identificar y nombrar los diferentes elementos arquitectónicos que podían observar. El análisis de los resultados vuelve a plantear una vez más las dificultades de evaluar un aprendizaje autónomo basado en el uso de la realidad virtual como tecnología educativa a partir de técnicas propias de otras metodologías. Por ejemplo, mientras que la calificación media de todas las actividades constructivas llega a 7,2, la de los tests finales es inferior y llega a 5,5, con una diferencia importante de 1'7 puntos respecto a la primera. Una primera aproximación a este hecho parece apuntar a la posibilidad de que en determinados alumnos la capacidad, demostrada, de poder construir un edificio virtual no presupone el haber alcanzado un nivel equivalente de contenidos arquitectónicos. Este sería el caso de los alumnos en los que la diferencia entre la calificación de las actividades constructivas y la del test final era más grande y a favor de la primera.

De todos modos, en este aspecto también hay que tener en cuenta que la interpretación de estos datos parte de una dificultad inicial que surge del hecho de comparar resultados que son fruto de dos sistemas de evaluación de naturaleza diferente: la de los tests, de carácter individual y puntual, que sólo valora la capacidad de identificar los elementos arquitectónicos que el alumno tiene en ese preciso momento, y otra de tipo colectivo, la de las actividades constructivas, que es fruto de un trabajo colaborativo (ya hemos visto cómo, mientras que el test era contestado de forma individual, cada uno de los edificios virtuales construido era fruto del trabajo de agrupaciones de dos alumnos) y de una evaluación continua que valora especialmente el trabajo resultante y las competencias desarrolladas por el grupo de trabajo en el transcurso de la tarea.

Tampoco se puede menospreciar la posible influencia de factores que tendrían relación con las dinámicas de grupo que se desarrollan en todo trabajo

colaborativo, en el sentido de que la implicación personal y el esfuerzo empleado no siempre ni en todos los casos serían iguales entre los miembros de la pareja. De modo que, en algunos casos, la buena calificación obtenida no sería el resultado del mismo grado de dedicación de los dos alumnos que integran el grupo. Aspecto que, salvo en los casos más flagrantes y visibles, es muy difícil de valorar debido a la falta de instrumentos y de técnicas de observación y de evaluación más precisos.

Otro factor que también hay que tener en cuenta está relacionado con la forma de trabajar en un entorno didáctico de gran autonomía. Es posible que los alumnos que han demostrado una capacidad de respuesta más lenta, errónea o errática a los retos que conlleva la construcción de un edificio virtual, acompañada de un escaso acceso a los materiales de consulta, y que se han inclinado por una apuesta mayor por la técnica del prueba-error o han demostrado una mayor dependencia de la ayuda del profesor y de las soluciones aportadas por los otros grupos, pueden haber desarrollado una comprensión de los contenidos más incompleta, a pesar de que hayan sido capaces de acabar correctamente un edificio.

En resumen, si bien consideramos que en un entorno de aprendizaje de este tipo el sistema de evaluación idóneo consiste en una valoración de los resultados prácticos (los edificios construidos) y del trabajo diario que los alumnos realizan en clase, las pruebas test más tradicionales han puesto de manifiesto la necesidad de perfilar y precisar mejor las técnicas de observación y de evaluación a emplear.

### **¿Qué retos debe afrontar el trabajo del profesor?**

Es sabido que en un tipo de aprendizaje autónomo y activo el profesor deja de ser el principal transmisor de conocimientos y se convierte en un guía que orienta, ayuda a resolver problemas y evalúa, dejando al alumno un amplio margen de creatividad y autonomía (Coll, 2007). Al mismo tiempo, si en este marco se introduce la manipulación de un software de desarrollo de realidad virtual, el docente tiene que afrontar el reto suplementario de conocer en profundidad esta tecnología y tiene que demostrar un buen dominio

instrumental de la herramienta. Aspecto que, en este caso, quedaba resuelto por la existencia de una capacitación adecuada por parte de éste, pero que de lo contrario, necesitaría de la presencia de un equipo técnico de apoyo o de un curso de formación específica. En este punto, creemos conveniente apuntar la necesidad de investigar en nuevos tipos de software que permitan, con las mismas prestaciones y con un uso más fácil y accesible, construir edificios virtuales sin exigir a los usuarios una preparación técnica específica. De hecho estas nuevas vías son las líneas de investigación más punteras en la actualidad (Woods, 2004).

### **¿Cuál es la respuesta de los alumnos?**

Corroborando las observaciones de Osberg (1997), Younglut (1998), Roussou (2006) y la mayoría de los estudios que han experimentado el uso de la realidad virtual como herramienta educativa, la satisfacción por este tipo de experiencia es prácticamente unánime entre los alumnos, con muy pocas excepciones.

Los aspectos de esta metodología más valorados son los siguientes:

1. Es un aprendizaje práctico. Los alumnos opinan que en un aprendizaje activo y práctico se aprovecha más el tiempo, mejora el rendimiento de trabajo y se aprenden más conocimientos de historia del arte que en una metodología didáctica más tradicional. Poder vivir virtualmente el proceso natural de construcción de un edificio y la necesidad de colocar las partes siguiendo un orden marcado por la lógica arquitectónica, permiten comprender mejor el espacio, recordar el nombre de los elementos y entender más profundamente el lenguaje de la arquitectura.

2. Es un trabajo autónomo y colaborativo. El hecho de trabajar sin estar dirigidos constantemente por el profesor empuja a asumir responsabilidades respecto a la labor y permite poder planificarla al propio gusto de acuerdo con unas prioridades y un ritmo propios. Al mismo tiempo, la posibilidad de trabajar en pareja también es valorada positivamente, ya que proporciona los beneficios

de una ayuda mutua y un estar a gusto, que compensan con creces los sacrificios que deben hacerse en el campo de la autonomía personal y la creatividad individual.

3. El aprendizaje va ligado con el entretenimiento. La expresión "es divertido" aparece a menudo en las entrevistas en todo tipo de contextos y como respuesta genérica. Es una expresión muy amplia e imprecisa pero que sin embargo, para los alumnos está cargada de valores importantes, ya que se identifica con la satisfacción sentida en experimentar el elevado grado de interactividad que ofrece la realidad virtual y con la intensidad y la naturaleza de los estímulos que han recibido. Así, aunque nuestra cultura educativa tiende a establecer una diferenciación muy grande entre lo lúdico y lo que produce aprendizaje (Baricco, 2008), los alumnos consideran que la mejor didáctica es la que incluye y mezcla estos dos elementos.

### **¿Con qué valores conecta la realidad virtual?**

Por último habría que preguntarse por qué la realidad virtual conecta tan bien entre los alumnos. Creemos que de alguna manera la realidad virtual fomenta una serie de actitudes y responde a unas necesidades que están tomando fuerza en la sociedad actual y especialmente entre las generaciones más jóvenes. La espectacularidad, belleza y realismo de las imágenes y los efectos virtuales; la autonomía de que disfruta el usuario y que le permite convertirse en el protagonista del que se está llevando a cabo; el estímulo a la creatividad; la capacidad de respuesta rápida y, por tanto, de satisfacción inmediata; el desarrollo de determinadas capacidades cognitivas relacionadas con la agilidad mental, el pensamiento lógico y la toma de decisiones; la proximidad con el mundo de los juegos y; en resumen, la posibilidad de un aprendizaje que a pesar de requerir cierto esfuerzo es visto por los alumnos como divertido y estimulante, son características de la tecnología de realidad virtual que nos pueden indicar el comienzo de un camino por donde podría ir la educación del futuro.

## Bibliografía

BARICCO, A. (2008). Los bárbaros. Ensayo sobre la mutación. Barcelona: Anagrama.

CARRETERO, M. (1993). Constructivismo y educación. Zaragoza: Luis Vives. Edelvives.

COLL, C. (2003). Aprender contenidos, desarrollar capacidades: intenciones educativas y planificación de la enseñanza. Barcelona: Edebé.

COLL, C. (2007). Avaluació continuada i ensenyament de les competències d'autoregulació: una experiència d'innovació docent. Barcelona: I.C.E. Universitat de Barcelona.

GEE, J. P. (2007). Good video games and good learning: Collected essays on video games, learning and literacy. New York: Peter Lang.

JOHNSON, S. (2005). Everything bad is good for you. How today's popular culture is actually making us smarter. New York: Riverhead.

LÓPEZ-BARAJAS, E. (1995). El estudio de casos: fundamentos y metodología. Madrid: UNED.

MARCHESI, A; MARTÍN, E. (2004). Tecnología y aprendizaje: un estudio experimental sobre el impacto del ordenador en el aula. Instituto IDEA, Ediciones SM.

OSBERG, K. M. (1997). Constructivism in practice: The case for meaning-making in the virtual world. Seattle: Human Interface Technology Laboratory, Universidad de Washington.

PANTELIDIS, V. S. (1997). "Virtual reality (VR) as an instructional aid: A model for determining when to use VR" en *Virtual Reality in the Schools*, 3 (1).

ROUSSOU, M. (2006). Interactivity and learning: Examining primary school childrens' activity within virtual environments. Londres: University College of London.

SANDERS, D.H. (2008). "Why do virtual heritage?" En *Archaeology Magazine*. Archaeological Institute of America.

YOUNGBLUT, Ch. (1998). Educational uses of virtual reality technology. Alexandria, Virginia: Institute for Defense Analysis.