

## POTENCIALIDAD DE LOS VIDEOJUEGOS EN EL APRENDIZAJE DE FÍSICA

María José Bouciguez<sup>1</sup>, Graciela Santos<sup>1</sup> y María José Abásolo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ECienTec, Facultad de Ciencias Exactas, UNICEN; <sup>2</sup> LIFI

### RESUMEN

Las simulaciones, las herramientas de modelado, los mundos virtuales, los laboratorios virtuales, son algunas de las herramientas mediadoras utilizadas en la enseñanza de la Física. Más recientemente se ha comenzado a considerar las potencialidades de los videojuegos para el aprendizaje.

En esta propuesta se describen algunos videojuegos educativos para enseñar Física y se caracterizan en función de la tecnología que involucra, los aportes y limitaciones al aprendizaje desde una perspectiva constructivista social. Esta caracterización puede brindar información útil sobre cómo utilizar un videojuego, qué requerimientos tecnológicos necesita y, qué affordance o potencialidades puede aportar a una situación de enseñanza y aprendizaje.

**Palabras claves:** Videojuego, Instrumento de mediación, Potencial educativo, Conceptualización en Física.

### ABSTRACT

The simulations, modeling tools, virtual worlds, virtual laboratories, are some of the mediating tools used in the teaching of physics. More recently it has begun to consider the potentialities of video games for learning.

This proposal describes some educational games to teach Physics and characterized in terms of the technology involved, the contributions and limitations of learning from a social constructivist perspective. This characterization can provide useful information on how to use a video game that needs and technological requirements that potential affordance or can bring to a teaching and learning situation.

**Keywords:** Video game, Mediating tools, Potential to teach, Conceptualization in Physics.

### INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la Física es una de las principales áreas que ha utilizado las potencialidades de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) para el desarrollo de nuevas metodologías de enseñanza, motivando un campo de investigación multidisciplinario donde se conjugan aspectos disciplinares, pedagógicos y tecnológicos. La tecnología informática en las clases de Física

se presenta como un instrumento facilitador para la interpretación de fenómenos físicos y la comprensión de los conceptos científicos involucrados (Pontes Pedraja, 2005; Jimoyiannis y Komis, 2001).

Los niños y los jóvenes se introducen en el mundo digital a través de los videojuegos (Gros, 2007). Esto se debe, en parte, al gran desarrollo de la industria de los videojuegos, pero también porque cautivan la atención del jugador y la mantienen durante largos períodos de tiempo mientras aprenden a dominar las complejidades del juego y lograr los objetivos (Dondlinger, 2007).

La cantidad cada vez mayor de videojuegos puede hacer que un docente o diseñador se pregunte qué entornos específicos son apropiados para sus alumnos, para los objetivos de aprendizaje que propone y que sean adaptables a los recursos disponibles.

Existen estudios que se concentran en analizar el resultado de los aprendizajes cuando se utilizan videojuegos. En otras investigaciones se enfatiza sobre las habilidades y competencias que favorecen los videojuegos y entornos similares. Otros estudios sobre el diseño de videojuegos revelan qué elementos de diseño parecen necesarios para promover los aprendizajes deseados (Dondlinger, 2007). Sin embargo, en la bibliografía existe escasa información que oriente al docente en el análisis de las características deseables en un videojuego para emplearlo como mediador en una situación de enseñanza-aprendizaje.

En esta presentación se identifican las características de los videojuegos que se deberían considerar para su uso didáctico, bajo el supuesto que las acciones de interacción con la tecnología emergen y son funcionales a los conocimientos previos de los estudiantes y a las posibilidades que ofrece la aplicación empleada para mediar los aprendizajes (Bouciguez, 2010). Este trabajo es parte del proceso de revisión bibliográfica realizada en el marco del trabajo de tesis doctoral en Ciencias Informáticas de la Facultad de Informática de la UNLP, el “Diseño de ambientes virtuales interactivos educativos basados en videojuegos y simulaciones para el aprendizaje de Física”.

La primera sección presenta los resultados de investigaciones que enfatizan las posibilidades y limitaciones de utilizar videojuegos como herramientas mediadoras de los procesos de enseñanza y aprendizaje. En la segunda sección se describen algunos elementos considerados importantes para caracterizar videojuegos. En una tercera sección, se describen los aspectos más relevantes del diseño de videojuegos desarrollados para la enseñanza de la Física. Finalmente se presentan algunos lineamientos que se podrían considerar en el diseño de un instrumento de evaluación de videojuegos educativos.

## **VIDEOJUEGOS EN LA ENSEÑANZA**

Cuando se habla de buenos procesos de enseñanza y aprendizaje, en general, se acuerda en que los estudiantes realicen actividades colaborativas y discutan ideas en busca de posibles soluciones a situaciones problemáticas, que puedan comunicarse con otros estudiantes para intercambiar conocimiento, que puedan sumergirse en experiencias de aprendizaje que les permitan abordar cabalmente un problema y obtengan ventajas de habilidades de

pensamiento, procesamiento y gestión de su conocimiento, durante la búsqueda de soluciones para las situaciones problemáticas.

Los ambientes virtuales interactivos (Aldrich, 2009), simulaciones, mundos virtuales, videojuegos, pueden pensarse como artefactos culturales que posibilitan intercambios entre la cognición y los objetos simbólicos que representan el conocimiento científico. Cuando un estudiante, como parte de un grupo, emplea un entorno virtual interactivo para la resolución de un problema que involucra un fenómeno científico, el entorno social y el artificial no sólo son la fuente de estímulo y de guía, sino que en realidad son vehículos del pensamiento.

El aprendizaje basado en juego digital (DGBL, Digital Game-Based Learning) es un método de enseñanza que incorpora, a partir de la teoría constructivista, contenidos educativos en los videojuegos, con el objetivo de involucrar a los estudiantes (Squire, 2008). El DGBL se refiere a aquellos enfoques de aprendizaje destinados a promover la participación activa y la interacción, el equilibrio de los objetivos de aprendizaje con el juego, con el fin de mejorar la capacidad del alumno para retener y aplicar los conocimientos adquiridos al mundo real (Protopsaltis et al., 2010).

Los videojuegos serios (SG, Serious Games) proporcionan un ambiente seguro para el aprendizaje activo, crítico y creativo, permitiendo a los usuarios explorar las habilidades, métodos y conceptos de forma rápida y segura en un entorno diseñado con componentes específicos de aprendizaje. Esto lo hacen brindando al jugador un encuadre donde siente la necesidad de dominar un determinado contenido para poder resolver una situación problemática que ha sido diseñada pedagógicamente de tal manera que la solución de la situación planteada requiere de comprender contenidos propios de la disciplina. De manera que el jugador debe determinar qué, cuándo y cómo utilizar determinado contenido, y así experimentar sus ideas y analizar críticamente las consecuencias de sus acciones. Los posibles resultados de aprendizaje incluyen cambios en el comportamiento de los participantes, los conocimientos, habilidades, actitudes y / o niveles de funcionamiento (Protopsaltis et al., 2010).

En particular, los juegos de simulación o aquellos juegos que involucran una simulación son interesantes para la enseñanza de la Física ya que mediante ellos es posible recrear contenido que puede estar no disponible históricamente, ser imaginario, futurista, muy caro o peligroso de producir en la vida real. En un juego el estudiante aprende haciendo, interactuando con el mundo, observa los resultados de sus acciones, y prueba sus hipótesis. Los participantes pueden experimentar el aprendizaje, en lugar de ver un video o leer un texto.

Las actividades educativas en mundos virtuales como los que posee un videojuego, hacen hincapié en la experiencia. El aprendizaje experiencial tiene lugar en videojuegos donde se enfatiza el control del aprendiz, el compromiso, el contenido generado por el alumno y un aprendizaje basado entre pares y, que pueden o no, estar basados en una historia narrativa (De Freitas et al., 2010).

Es posible contar con un flujo detallado de la evidencia sobre lo que el alumno hace y no lo sabe al resolver una situación problemática en la que se involucra,

compromete y en base a eso resuelve tomando decisiones.

En este tipo de entornos, la evaluación es discreta porque los jugadores dejan rastros de información mientras que se mueven a través del espacio virtual e interactúan con objetos. En los entornos de aprendizaje, a diferencia de la evaluación tradicional realizada en un aula, la retroalimentación puede ponerse a disposición del estudiante en tiempo real para permitir la mejora progresiva (Dede, 2012).

## **TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN LOS VIDEOJUEGOS**

Para incorporar un videojuego en una propuesta de enseñanza se requiere conocer el objetivo del juego, los contenidos implicados, las competencias que promueve, para qué contexto educativo se puede utilizar, presencial o a distancia (dependiendo de la necesidad de intervención docente) y los conocimientos previos que necesitarán los estudiantes para jugarlo, tanto de física como en su experiencia como jugadores. Sería deseable que el videojuego no demande más tiempo en aprender a jugarlo que en jugarlo, entendiendo esta segunda instancia como la interacción con el contenido involucrado.

Las investigaciones sobre el diseño y desarrollo de videojuegos sugieren que para poder proceder al diseño de un videojuego es necesario tener en claro el tipo de juego y la audiencia a quien va dirigido. Todo juego tiene un objetivo bien definido y todo lo que se hace gira alrededor de ese objetivo. Nuestro interés está puesto sobre los videojuegos en los que el contenido de estudio o las competencias a desarrollar formen parte de la intencionalidad de diseño del videojuego. Los juegos serios son aquellos en los que el aprendizaje es el objetivo principal. Protopsaltis et al. (2010) sugieren que para crear juegos que proporcionen experiencias "serias" para diferentes áreas de aplicación es necesario un cuidadoso diseño pedagógico y didáctico.

Lo que hace que alguien juegue es la existencia de un conflicto y el desafío que representa su resolución. Ambos elementos son fundamentales en un videojuego. La representación del conflicto y la resolución del mismo tienen que ver con el arte. El arte es todo lo que afecta el aspecto sensorial del jugador, es una manera de representar la historia al jugador. La historia del juego es el disparador de lo que ocurre en el juego, es lo que hace que el contexto (el de los personajes) tenga sentido. Cuando el arte es interesante para el jugador, éste acepta el juego. Por lo tanto esto depende de la audiencia. La mecánica del juego se refiere a lo que tiene que hacer el jugador para jugar y cómo interactúa con los elementos.

Los contenidos a abordar pueden estar relacionados con el conflicto a resolver o con las reglas del juego.

También es interesante identificar si el videojuego es un juego serio y si se trata de un juego de estrategia, de aventura, de simulación, de rol, arcade o juego casual.

De lo mencionado hasta aquí es posible concluir que tres características básicas importantes a tener en cuenta al analizar un videojuego son la

*audiencia a quien va dirigido, el contenido abordado y el tipo de videojuego.*

Los videojuegos son ambientes virtuales inmersivos e interactivos. Éstas son propiedades que favorecen el compromiso del jugador con la tarea que se le propone que realice en el mundo virtual que representa el juego, característica deseable en una herramienta educativa.

La inmersión es la impresión subjetiva de que uno está participando en una experiencia realista integral. Durante una experiencia de inmersión el jugador se siente psicológicamente presente en un contexto que no es el lugar donde la persona se encuentra físicamente (Winn, 2003). La inmersión provoca que el jugador, aunque sepa que a lo que juega es falso, lo tome como algo real y ponga en juego sus habilidades para superar el reto propuesto.

Las tecnologías inmersivas proporcionan entornos alternativos de aprendizaje situado, ya que en ellas el contexto virtual le da al usuario la sensación de estar dentro de ese mundo. La inmersión en un mundo virtual favorece las posibilidades de experimentar a través de la acción activa del usuario, de forma que éste pueda a su vez relacionarse con los elementos formativos e igualmente con el resto de elementos del entorno, volviéndose éste colaborativo y motivador (Maniega, Yáñez y Lara, 2011).

La sensación de inmersión se logra mediante el uso de: estímulos sensoriales (gráficos, sonidos, percepción visual de movimiento a través del medio ambiente, etc.); posibilidades de comunicación social; personalizaciones del avatar; elección de autonomía en la historia; capacidad de iniciar acciones que tienen consecuencias nuevas, interesantes; capacidad de modificación del medio ambiente y, mecanismos de retroalimentación que ayudan a los estudiantes a visualizar su propio progreso en el entorno.

Con respecto a las posibilidades de comunicación social, entendemos que el conocimiento se construye en interacción social con otros, por lo que es deseable lograr espacios de comunicación y colaboración entre los actores que participan durante el proceso enseñanza-aprendizaje. Existen juegos diseñados para un único jugador (juegos single) donde no se considera ningún tipo de comunicación y colaboración con otros jugadores (reales o virtuales) dentro del juego, hasta juegos en donde la colaboración y los mecanismos de comunicación son centrales en el desarrollo del mismo (juegos multijugador).

En algunos videojuegos existe un avatar que permite al jugador personificarse virtualmente dentro del mundo virtual del juego e interactúa con agentes digitales, artefactos y el contexto. Algunos avatares pueden comunicarse con gestos, apariencia y posturas, así como verbalmente a través del uso del chat de texto, mensajería instantánea, chat de voz, y demás herramientas de comunicación. Un videojuego que posee un avatar mejora el nivel de inmersión del jugador, y más aún cuando es posible personalizarlo o puede transmitir y comunicarse con otros no sólo mediante texto/habla sino mediante gestos y símbolos propios de la cultura generacional de los estudiantes. El avatar puede ser visualizado por el jugador en primera o tercera persona. La cámara en primera persona es una vista en la cual el mundo virtual se ve desde la perspectiva del avatar (el jugador ve a través de los ojos del avatar), mientras que en tercera persona el jugador puede ver claramente el personaje que está controlando. Esta podría ser una característica útil para trabajar en el

videojuego con sistemas de referencia.

Las posibilidades de un videojuego como herramienta educativa también están ligadas al nivel de interactividad para el que fue diseñado el videojuego y que se manifiesta a través de su interfaz gráfica interactiva. A modo de ejemplo, puede pensarse en la diferencia que puede existir entre presentar a los estudiantes un video explicativo con un grado de interactividad casi nulo con las posibilidades de interacción que brinda una simulación o una herramienta de modelado. El nivel de interactividad también brinda información sobre cómo y para qué tipo de actividad y objetivo pedagógico puede ser empleada una herramienta tecnológica.

El concepto de interactividad implica un proceso de comunicación entre el usuario y la máquina, incluyendo las acciones del usuario y la respuesta de la máquina. En la interfaz se ubican los distintos controles, mediante los que el usuario le comunica a la aplicación computacional sus decisiones, y también en ella se muestra la respuesta a la acción del usuario, utilizando diferentes representaciones visuales. Según Minguell (2002):

“La existencia de recursos que permiten que el usuario establezca un proceso de actuación participativa-comunicativa con los materiales será lo que definirá el grado de interactividad del producto. Así, un elevado nivel de intervención-decisión concedido al usuario, la existencia de un amplio abanico de opciones de acceso a la información, una gran sencillez en el modo de comunicarse con el producto, y una gran rapidez en la realización de los procesos (a nivel técnico), aumentarán el nivel de interactividad de la herramienta”.

Otra característica tecnológica a considerar es la representación. Las representaciones expresan modos de "ver" la realidad. El espacio a nuestro alrededor a simple vista es tridimensional. Un videojuego 3D ofrece una representación visual más realista que un videojuego bidimensional. Además, posibilita que el estudiante interactúe de modo cualitativo con modelos más complejos del fenómeno que se estudia, por ejemplo el movimiento de cuerpos rígidos.

En los últimos años han surgido nuevas tecnologías que combinan la realidad y la virtualidad. Un videojuego puede utilizar realidad virtual, realidad aumentada o realidad mixta. Al hablar de realidad virtual se refiere a que todo el desarrollo del juego tiene lugar en un espacio virtual o sintético creado digitalmente. A diferencia de esto la realidad aumentada considera la utilización de la tecnología digital para aumentar, con objetos sintéticos o digitales, nuestra realidad. Por su parte, la realidad mixta permite combinar ámbitos reales y virtuales, es una tecnología interactiva y en tiempo real y, se puede registrar en tres dimensiones. Una de las primeras aplicaciones de realidad mixta fue creada por Alfred Hubli de la University of Illinois. La aplicación consistía en que un péndulo virtual empujaba un péndulo real, y viceversa.

Otras características a considerar son: las posibilidades de acceso, si es descargable o si sólo está disponible on line, si el código es modificable, el idioma de la interfaz gráfica del videojuego.

---

## CARACTERÍSTICAS DE “VIDEOJUEGOS SERIOS” DE FÍSICA

A modo de ejemplo se presentan tres “videojuegos serios 3D” para la enseñanza de física en el nivel secundario que han desarrollado grupos de investigación, en base a las nuevas tecnologías descritas en el apartado anterior.

El videojuego *Supercharged!* ha sido desarrollado por el grupo *The arcade education* del Massachusetts Institute of Technology (<http://education.mit.edu/projects/past>). Los jugadores exploran los conceptos electromagnéticos, teniendo que desplazar una nave espacial mediante el control de la carga eléctrica de la nave, localizando partículas cargadas en el espacio. El juego consta de dos fases: la planificación y el juego. A medida que el jugador se encuentra con un nuevo nivel, se le da un conjunto limitado de cargas que puede colocar en el ambiente, la nave se mueve ya sea hacia la carga o alejándose de ella, lo que le permite orientar la trayectoria de la nave. En la parte "jugable" de la partida, el jugador cambia su carga (ya sea positiva, negativa, neutral o dipolo), y maneja una cantidad limitada de combustible que puede impulsar directamente la nave (Squire, et al., 2004). Es un juego serio de simulación que tiene lugar en un mundo virtual que obedece a las leyes de Maxwell 3D. Se ha diseñado para un solo jugador de los primeros años de secundario, no disponible para descargar. El inglés es el idioma de la interfaz gráfica del videojuego. Integra los conceptos a enseñar en la mecánica del juego desde la perspectiva de tercera persona y se utilizan metáforas visuales y auditivas (Carr y Bossomaier, 2011). Se espera que el jugador realice actividades exploratorias, de indagación y reflexión.

*Escape from Centauri 7* también es un videojuego serio de simulación para estudiantes de nivel secundario (entre 14-15 años) (Chee y Lee, 2009), a cargo de un grupo de investigadores y desarrolladores de juegos en el Laboratorio de Aprendizaje de Ciencias en el Instituto Nacional de Educación de Singapur (<http://gli.lsl.nie.edu.sg/about-us/>). El juego se desarrolla en un mundo virtual que representa un planeta y un astronauta lo debe recorrer en busca de elementos con los cuales interactúa para resolver la situación problemática en relación a la dinámica de las partículas cargadas en presencia de campos eléctricos y magnéticos. Permite una vista del jugador (Player view) y una vista panorámica (Bird's eye view). Soporta multijugadores sobre una LAN (local area network) (hasta 4 jugadores, excepto en el modo Team Battle, que se puede jugar con hasta 8 jugadores). El inglés es el idioma de la interfaz gráfica del videojuego. Se inscribe en un modelo conceptual de aprendizaje basado en juegos denominado Play–Dialog–Performance (PDP) (Jugar-Dialogar-Actuar) en el cual el tiempo de jugar es tiempo de acción, no tiempo de reflexión. Los estudiantes necesitan tomar distancia y desde fuera de la experiencia en el juego, reflexionar y hacer un balance de la importancia de todo lo que hicieron en el mundo del juego.

*Ludwig* es un Juego serio de aventura sobre energías renovables para niños de 10 a 14 años de edad (<http://www.playludwig.com/forschung/forschung/>) y se basa en el uso del conocimiento de los principios físicos para resolver las tareas/misiones. El desarrollo de Ludwig es parte de un proyecto financiado por el Proyecto de Investigación de la Ciencia denominado: “Estudio de los aspectos motivacionales y efectos de transferencia de conocimiento en el aprendizaje digital de los objetos del juego de 10 - a 14 años de edad”

(<http://www.sparklingscience.at/de/projekte/463-spielend-lernen/>). Ludwig ganó el Premio Nacional Multimedia 2013 en la categoría de juegos y entretenimiento.

El personaje es un robot y con perspectiva en tercera persona. El entorno virtual tiene características gráficas semejantes a los juegos comerciales actuales. El avatar (robot) puede girar, correr, saltar, caminar, puede interactuar con muchos elementos del entorno y cuenta con muchos recursos novedosos para tomar decisiones y poder llegar a cumplir las misiones que se le asignan. El inglés y el alemán son los idiomas por los que puede optarse para la interfaz gráfica del videojuego. El juego permite explorar fenómenos físicos (energía renovable) llevando el robot Ludwig (personaje) por cuatro mundos temáticos diferentes (energía por combustión, energía hidroeléctrica, solar y eólica). En Ludwig los fragmentos de conocimientos individuales son recogidos y compuestos durante el juego en un mapa de conocimiento (<http://www.playludwig.com/info/info-fuer-eltern>).

## COMENTARIOS FINALES

Los juegos de ordenador constituyen un medio alternativo de gran alcance con y mediante el cual el aprendizaje del estudiante puede llevarse a cabo (Squire y Jenkins, 2003). Sin embargo, no hay un único "mejor" modelo de aprendizaje basado en juegos. Esto es así porque la enseñanza basada en el aula y el aprendizaje son inherentemente situacional y de naturaleza local.

A modo de síntesis, de las características descritas en este trabajo se puede decir que para evaluar las posibilidades didácticas de un video es preciso considerar los siguientes elementos:

1. Elementos de diseño que definen el videojuego:
  - a. audiencia a quien está dirigido
  - b. contenido o competencias educativas y cómo es incorporado en el juego
  - c. tipo (arcade, aventura, estrategia, rol, casual, simulación)
2. Tecnología utilizada por el videojuego:
  - a. single / multiusuario
  - b. Avatar
  - c. 2D/3D
  - d. Vistas del mundo virtual
  - e. Nivel de interactividad
  - f. Realidad Virtual / Realidad Aumentada / Realidad Mixta
3. Requerimientos técnicos
4. Posibilidades de acceso al mismo
5. Conocimientos previos que requiere el juego
6. Idioma

El análisis de las características de videojuegos antes establecidas permite plantear hipótesis sobre los aportes que puede hacer el videojuego a una situación de enseñanza - aprendizaje en general.

Las posibilidades, affordance y limitaciones, de aprendizaje con videojuegos dependerá de la relación entre la intención del diseño de la tecnología, la

funcionalidad y las necesidades de la propuesta de enseñanza-aprendizaje.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldrich, C. (2009). Virtual worlds, simulations, and games for education: A unifying view. *Innovate*, 5(5).

Bouciguez, M. J. (2010). Aportes de un entorno de simulación a una situación de enseñanza y aprendizaje. En Santos, G. y Stipcich, S. (Comp.), *Tecnología educativa y conceptualizaciones en Física. Estudios sobre interacciones digitales, sociales y cognitivas*.

Carr, D., y Bossomaier, T. (2011). Relativity in a rock field: A study of physics learning with a computer game. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27 (6), 1042-1067. <<http://www.ascilite.org.au/ajet/ajet27/carr.html>>

Chee, Y. S. y Lee, J. L. H. (2009). Game-based learning as a vehicle for developing science inquiry skills using the "Centauri 7" learning program. IN Kong, S. C. Ogata, H. Arnseth, H. C. Chan, C. K. K. (ED.) *Proceedings of the 17th International Conference on Computers in Education*, 1, 659-666. <<http://www.icce2009.ied.edu.hk/pdf/c5/proceedings659-666.pdf>>

Dede, C. (2012). Customization in immersive learning environments: Implications for digital teaching platforms. In C. Dede y J. Richards, (Eds.). *Digital teaching platforms*. New York: Teacher's College Press.

De Freitas, S., Rebolledo Mendez, G., Liarakapis, F., Magoulas, G. y Poulouvassilis, A. (2010). Learning as immersive experiences: Using the four dimensional framework for designing and evaluating immersive learning experiences in a virtual world. *British Journal of Educational Technology*, 41 (1), 69-85 <<http://plymouth21stcenturyteachers.pbworks.com/f/Learning+as+immersive+experiences.pdf>>

Dondlinger, M. (2007). Educational Video Game Design: A Review of the Literature. *Journal of Applied Educational Technology*, 4(1), 21-31. <[http://www.eduquery.com/jaet/JAET4-1\\_Dondlinger.pdf](http://www.eduquery.com/jaet/JAET4-1_Dondlinger.pdf)>

Gros, B. (2007). Digital Games in Education: The Design of Games-Based Learning Environments, *Journal of Research on Technology in Education*, 40 (1), 23-38.

Jimoyiannis, A. y Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36(2), 183-204.

Maniega, D., Yáñez, P. y Lara, P. (2011). Lost In La Mancha: aprendizaje inmersivo online 3D. *REVISTA ICONO 14*, 9(2), 101-121. ISSN 1697-8293. Madrid (España)

Minguell, M. E. (2002). Interactividad e Interacción. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa RELATEC*, 1(1), 23-32.

Pontes Pedrajas, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y

de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (1), 2-18. <<http://www.apac-eureka.org/revista/>>

Protopsaltis, A., Pannese, L., Hetzner, S., Pappa, D. y De Freitas, S. (2010). Creative Learning with Serious Games, *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 5, 4-6.

Squire, K. D. (2008). Game-based learning: An emerging paradigm for learning. *Performance Improvement Quarterly*, 21 (2), 7-36.

Squire, K. D., Barnett, M., Grant, J. M. y Higginbottom, T. (2004). Electromagnetism Supercharged! Learning Physics with digital simulation games.

Squire, K. y Jenkins, H. (2003). [Harnessing the Power in Video Games](http://website.education.wisc.edu/kdsquire/manuscripts/insight.pdf). *INSIGHT*, vol. 3. <<http://website.education.wisc.edu/kdsquire/manuscripts/insight.pdf>>

Winn, W. (2003). Learning in Artificial Environments: Embodiment, Embeddedness and Dynamic Adaptation. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 1(1), 87-114.