



i.cemacyc.org

I CEMACYC

I Congreso de Educación Matemática de América Central y El Caribe

6 al 8 noviembre. 2013

Santo Domingo, República Dominicana



Aprendiendo modelación matemática de sistemas físicos a través del diseño y programación de videojuegos serios

Angel **Pretelín-Ricárdez**

Instituto Politécnico Nacional, UPIITA

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav-IPN)

México

apretelin@ipn.mx

Ana Isabel **Sacristán** Rock

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav-IPN)

México

asacrist@cinvestav.mx

Resumen

En este taller los participantes diseñarán y programarán videojuegos serios (Serious Games) como una actividad de construcción que permita aprender conceptos de modelación matemática de sistemas físicos. Los participantes se organizarán en equipos de unas tres personas para construir juegos serios dentro de un micromundo de aprendizaje. Se utilizará como elemento de mediación del aprendizaje matemático un motor de programación de videojuegos llamado Game Maker Studio. Las actividades seguirán una visión constructorista que pueda ayudar a relacionar y contextualizar temas de modelado matemático de sistemas físicos. Los ejemplos que se darán para el juego serio son de temas aplicables en los niveles medio superior y superior, aunque las ideas del taller pueden ser utilizadas en cualquier nivel.

Palabras clave: juegos Serios, programación, constructorismo, modelación matemática, micromundo de aprendizaje.

Introducción, antecedentes y marco teórico

Para entender nuestra propuesta hay que situarse en los trabajos relacionados con el aprendizaje basado en el diseño y programación de videojuegos, lo que nos remite a los

resultados mostrados por Yasmin B. Kafai y colaboradores (ver Kafai & Resnick, 1996; Kafai, Franke, Ching & Shih, 1998; Kafai, 2006) que sientan las bases y la estructura de esta metodología y su relación con el constructivismo.

Este paradigma del constructivismo, se basa en el constructivismo de Piaget y fue desarrollado por Seymour Papert quien señaló, como idea fundamental del mismo, lo siguiente:

El constructivismo – la palabra que se escribe con N, en contraposición a la palabra que se escribe con V – tiene la misma connotación del constructivismo del aprendizaje como “construcción de estructuras de conocimiento”, independientemente de las circunstancias del aprendizaje. Luego se agrega la idea de que esto ocurre en forma especialmente oportuna en un contexto donde la persona que aprende está comprometida conscientemente para construir una entidad pública, ya sea un castillo de arena en la playa o una teoría del universo¹. (Papert & Harel, 1991)

Relacionado con lo anterior, Kafai, Franke, Ching & Shih (1998, p. 180) dicen “que el nuevo conocimiento puede ser adquirido con mayor eficacia si los alumnos se comprometieron en la construcción de productos que son personalmente significativos para ellos”.

Otra de las ideas principales en los trabajos de Kafai y colaboradores es que

El diseñar juegos proporciona una situación que combina naturalmente problemas teórico-prácticos así como la reflexión de esta relación, además de que proporciona oportunidades para el debate, la reflexión y la colaboración dentro de un contexto significativo. (Kafai et al., 1998; p. 180)

Otros trabajos recientes y relacionados con lo propuesto por Kafai y colaboradores son los de Baytak & Land (2010) y Holbert, Penney & Wilensky (2010). El primero habla de un caso de estudio hecho con niños en donde interviene el diseño y programación de videojuegos para que los niños reflejen el entendimiento que tienen sobre conceptos de nutrición. El segundo es un ensayo sobre las consideraciones que se deben de tener si se quiere implementar el constructivismo en el diseño y programación de juegos de acción.

En nuestro caso, nos interesa que el diseño y programación de un videojuego, para el desarrollo de conceptos matemáticos en el estudiante, se realice, no sólo en un contexto constructivista, sino dentro de lo que se conoce como un micromundo de aprendizaje.

Al respecto, Hoyles & Noss (1987) definen un micromundo “como un ambiente bien definido pero limitado, en el cual, pasan cosas interesantes y en el cual hay importantes ideas por aprender” (Hoyles & Noss, p. 586; citando a Goldenberg, 1982), y proponen que un micromundo involucra los siguientes cuatro componentes (ver *Figura 1*): componente pedagógico, componente estudiante, componente técnico y componente contextual, interactuando entre sí.

¹ Las citas de artículos en inglés están traducidas.

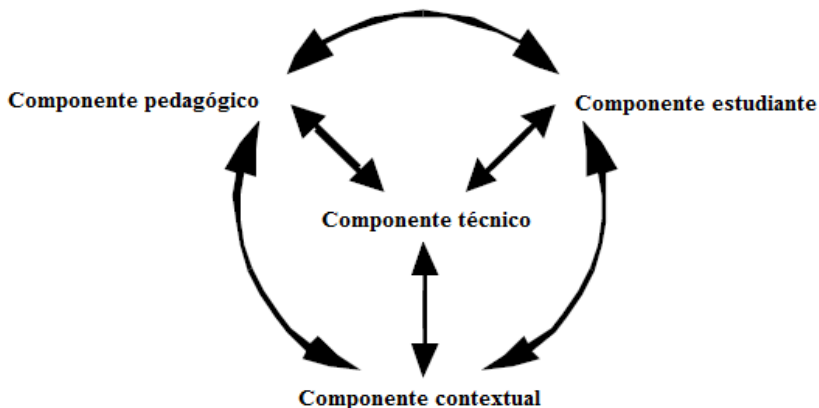


Figura 1. Componentes de un micromundo (Hoyles & Noss, 1987, p. 591).

Como puede verse, el componente técnico está situado en el centro o núcleo del micromundo de aprendizaje, interactuando con los demás componentes. Este componente será el medio para la construcción del aprendizaje. Sin embargo no hay que perder de vista que el componente técnico se interrelaciona con los otros tres componentes y que, por sí solo, no cumpliría con el propósito de servir como mediador para que el aprendizaje emerja.

Por último es necesario hablar acerca de lo que se pretende construir: un videojuego serio (*Serious Game*). Los videojuegos serios o *Serious Games* por su nombre en inglés, pueden definirse de forma simple pero concisa como “juegos con un propósito más allá del juego” (Klopfer, Osterweil & Salen, 2009, p. 22). Es posible consultar, en Sawyer & Smith (2009), una taxonomía de los múltiples propósitos que tienen este tipo de juegos; en nuestro caso, el propósito que les daremos a los juegos que se construyan, será educativo. La Figura 2 ilustra los elementos que debe contener un videojuego serio: En un videojuego convencional interviene la historia, el arte y el software, pero en un videojuego serio (*Serious Game*) además de todos estos elementos, entra en escena el elemento pedagógico subordinado al contexto de la historia, que es lo que da el propósito más allá de ser un simple juego a este tipo de videojuegos.

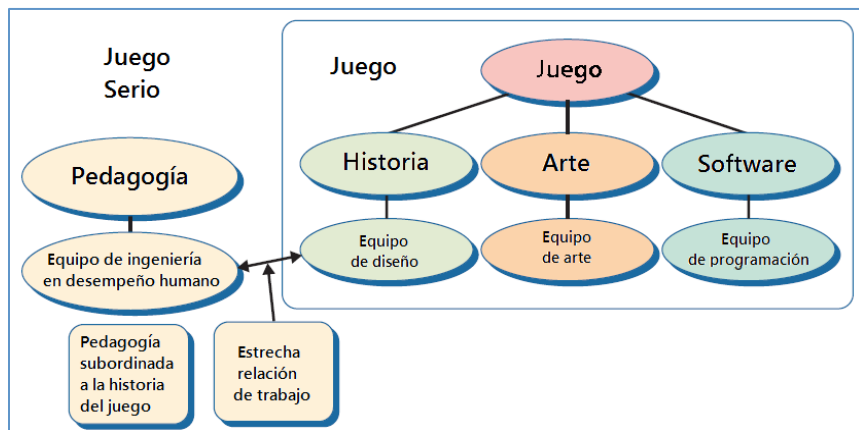


Figura 2. Videojuego serio (Serious Game) (Zida, 2005, p. 26)

Habiendo descrito los elementos conceptuales involucrados en el taller, pasemos ahora a describir el problema que se pretende abordar en dicho taller, que se relaciona con el aprendizaje de modelación matemática de sistemas físicos a través de la programación de videojuegos serios.

El problema

Según el NCTM (2000), la modelación matemática requiere identificar y seleccionar las características relevantes de una situación, representarlas simbólicamente, analizar el modelo y las características de la situación, razonar sobre el modelo en el contexto de la situación y considerar la precisión y las limitaciones del modelo. En contraste, cuando se enseña modelación y simulación de sistemas en ingeniería, se sigue la siguientes secuencia: (1) Se explican los conceptos teóricos y la matemática asociada al modelo que se estudia; (2) posteriormente se pasa a una etapa de exploración y experimentación a través de la simulación de los modelos matemáticos mediante el uso de entornos tecnológicos de tipo ingenieril como *Matlab*, *LabVIEW*, *Comsol*, *Mathematica*, etc., utilizando estos entornos como elementos mediadores para el desarrollo de conocimiento matemáticos a través de la construcción de simulaciones.

En nuestro caso, la propuesta es similar: utilizar la tecnología como elemento mediador en la construcción de aprendizaje matemático, pero proponiendo un elemento mediador robusto que genere un alto compromiso y motivación en quien va a construir: un motor de videojuegos, que en este caso es el *Game Maker Studio* (Yoyo Games, 2013), que contiene un *physics engine*, i.e. una biblioteca de programación que permite generar videojuegos que se rijan por leyes físicas del mundo real.

Partiendo de lo planteado anteriormente se intenta dar respuesta a preguntas como las siguientes:

1. ¿Cómo poner en práctica el paradigma del construccionismo para enriquecer el aprendizaje de los alumnos, utilizando como elemento mediador un motor de videojuegos?
2. ¿Cómo se construye o se transforma el concepto de modelación y simulación en el estudiante a través del uso de motores de videojuegos y la creación de un juego serio?

El micromundo de aprendizaje y la metodología a seguir

A continuación se presentan los elementos del micromundo de aprendizaje y la metodología que se utilizará para conducir el taller.

Para el caso particular de este taller, los cuatro componentes del micromundo se establecen de la siguiente manera:

El componente técnico

Hoyles & Noss (1987) definen a este componente de manera simple y concisa: se refiere al software, programa o programas en el cual se enfoca la atención del estudiante sobre una idea o proceso específico.

En este caso, el aspecto técnico estará conformado por el motor de videojuegos *Game Maker Studio* que utiliza programación orientada a objetos, así como el lenguaje unificado de modelado (UML); también, como ya se mencionó arriba, contiene un *physics engine*, e incluye un conjunto de recursos prediseñados para la creación de personajes, escenarios, música y sonidos. Se pretende que a través de cada uno de estos elementos se pueda hacer la mediación adecuada para que el alumno construya de manera estructurada el conocimiento matemático. A través del *physics engine*, el estudiante podrá construir simulaciones, y no emulaciones, dentro de su videojuego en un ambiente virtual que se rija por, al menos, las leyes físicas básicas del mundo real.

Los recursos prediseñados son de licencia libre y serán proporcionados al inicio del taller como parte del material para el desarrollo del mismo; lo que se busca con esto es que los estudiantes logren productos visualmente atractivos, pero que no tengan que consumir tiempo en la creación de los mismos. Finalmente con el uso del UML se pretende que el estudiante estructure mentalmente lo que va a construir a través de la modelación (desde el punto de vista de la ingeniería de software) de su videojuego. La idea general es que los elementos que conforman el componente técnico sean herramientas “abiertas”, como se describe en Sacristán Rock (2003), es decir (re)construibles y modificables por los estudiantes.

El componente estudiante

Este componente engloba aspectos cognitivos y afectivos (tales como los conocimientos previos y la historia del participante) que influyen en la forma en la que las actividades son percibidas, debido al sistema de representaciones que el estudiante tiene (Hoyles & Noss, 1987).

En este caso, los participantes (estudiantes) serán asistentes al I CEMACYC, los cuales tendrán conocimientos heterogéneos sobre matemáticas, modelación de sistemas físicos y programación.

El componente contextual

Este componente se refiere a las situaciones sociales y culturales en las cuales las actividades de programación toman lugar, afectando el aprendizaje del estudiante (Hoyles & Noss, 1987).

En nuestro caso, el objetivo será conformar cuatro equipos conformados por tres participantes (estudiantes), tal vez de diferentes nacionalidades, que tengan diferentes niveles de conocimiento o competencias buscando de esta forma heterogeneidad para propiciar el intercambio de ideas a través de distintos niveles de comprensión. También se quiere que cada equipo trabaje principalmente en una sola computadora, para favorecer el intercambio de ideas y el aprendizaje colaborativo.

El componente pedagógico

Es el que se encarga de

estructurar la investigación y exploración de los conceptos incorporados en el componente técnico, para enfocar la reflexión sobre aspectos particulares, sugerir el orden productivo de las operaciones, indicar los puntos de partida útiles, y provocar relaciones con otras actividades. El aspecto físico del componente pedagógico puede incluir un profesor (que puede ser tan joven como el estudiante, libros, posters, etc.) (Hoyles & Noss, 1987; p. 588)

Este componente estará conformado por la secuencia mostrada más adelante en este apartado, el diseño pedagógico del videojuego, manuales para el profesor (Guía) y para el participante (Estudiante) así como bibliografía adicional recomendada para lecturas futuras. El diseño pedagógico del videojuego serio estará basado en el GAM (*Game Achievement Model*) de (Amory & Seagram, 2003) como una forma de estructurar lo que se quiere enseñar a través del juego. Los manuales para el profesor y participantes se crearon para dotarles de un instrumento concreto para poder seguir la secuencia didáctica; asimismo la bibliografía adicional servirá de complemento a lo expuesto por el profesor.

La metodología

Se espera un grupo de una docena de participantes distribuidos en cuatro equipos de tres integrantes: Cada equipo trabajará en una computadora que le servirá para diseñar y programar un videojuego serio a partir de los conceptos de modelación matemática de sistemas físicos que se enseñen. Se abordarán algunos ejemplos para el juego serio de temas aplicables en los niveles medio superior y superior, aunque las ideas del taller pueden ser utilizadas en cualquier nivel. Dichos ejemplos se abordarán siguiendo la siguiente secuencia:

1. Explicar, de manera general, la propuesta a los participantes. (5 minutos)
Aquí se pretende situar a los participantes en el propósito general de la propuesta y particularmente del taller, explicando los alcances y limitaciones que tiene la propuesta y las reglas de operación del taller.
2. Exploración de conocimientos previos de los participantes. (5 minutos)
Con esta exploración se pretende definir de manera general los perfiles de los participantes para proceder a conformar los equipos de trabajo, de tal forma que estén integrados de forma heterogénea con individuos con distintos niveles de conocimiento. Con esto se pretende favorecer el intercambio de ideas y de visiones entre los integrantes de cada equipo.
3. Explicación de la filosofía de micromundos computacionales a los participantes. (5 minutos)
Se explicará a los participantes lo que es un micromundo de aprendizaje, sus componentes y cómo se busca que se relacionen cada uno de los componentes en el micromundo planteado para este taller.
4. Explicación del motor de programación de videojuegos a través de un ejemplo. (10 minutos)
Se pretende explicar el funcionamiento y características de algunos elementos y comandos del motor de videojuegos *Game Maker Studio*, a través de un ejemplo guiado.
5. Explicación de conceptos de modelación matemática de sistemas físicos. (10 minutos)
Se explicaran los conceptos de modelación matemática que se abordarán para el desarrollo del juego serio.
6. Relación de conceptos con comandos o instrucciones del *physics engine*. (5 minutos)
Establecer la relación de los conceptos de modelación matemática explicados previamente con los comandos y características del *physics engine* del motor de videojuego.
7. Análisis de los conceptos matemáticos utilizados en el ejemplo propuesto para el videojuego serio. (5 minutos)
Mostrar la forma en la que operaran estos conceptos matemáticos en el mundo del videojuego y contrastar la relación que guardan con el mundo real.
8. Programación guiada de un videojuego serio a través del motor de videojuegos donde se utilicen las relaciones anteriores. (15 minutos)
9. Explicación de lo que es un juego serio y lo que no es un juego serio. (5 minutos)
Habiendo desarrollado un juego serio previamente con los participantes, sin haber explicado la metodología de su desarrollo, se procede a explicar lo que es un juego serio y lo que no lo es, para analizar de manera grupal, si lo que se construyó cumple con esas características.
10. Explicación de la metodología de diseño de un videojuego serio, para contrastar si la construcción del “juego serio” cumplió con lo que se abordará aquí. (10 minutos)
11. Diseño por parte de los participantes de un videojuego serio, poniendo en práctica lo

- aprendido. (10 minutos)
12. Programación de un videojuego serio por parte de los participantes. (20 minutos)
 13. Presentación, análisis y discusión de los videojuegos serios construidos. (10 minutos)
Mesa redonda y lluvia de ideas dónde se expondrán y probarán los juegos serios construidos.
 14. Cierre. (5 minutos)

Se proveerá a cada equipo con un CD que contendrá los recursos tecnológicos que se utilizarán, además de un pequeño cuadernillo del participante.

Resultados esperados

Se pretende entonces que los participantes experimenten con el uso de motores de videojuegos en el micromundo de aprendizaje, y a partir de esta experiencia puedan entender esta propuesta, y cómo puede la misma ser implementada para impactar en la construcción de aprendizaje significativo en torno al concepto de modelación matemática de sistemas físicos.

La interacción de los componentes del micromundo de aprendizaje que se propone, pretende favorecer la exploración y la construcción de aprendizaje relacionado con la modelación matemática de sistemas físicos.

Una idea fundamental que se busca también es que el participante no sólo construya, sino que se establezca un método estructurado para que la construcción de lo concreto se haga eficiente y por consecuencia suceda lo mismo con lo abstracto, todo esto favorecido por la relación adecuada de cada uno de los componentes del micromundo de aprendizaje.

Referencias y bibliografía

- Amory, A., & Seagram, R. (2003). Educational Game Models: Conceptualization and evaluation. *South African Journal of Higher Education*, 17 (2), 206-217.
- Baytak, A., & Land, S. M. (2010). A case study of educational game design by kids and for kids. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 5242-5246.
- Goldenberg, E. P. (1982). *BYTE*, 2, 210-229.
- Holbert, N., Penney, L., & Wilensky, U. (2010). Bringing Constructionism to Action Gameplay. In J. Clayson & I. Kalas (Eds.), *Proceedings of the Constructionism 2010*. Paris, France, 1-7.
- Hoyle, C. & Noss, R. (1987). Synthesizing mathematical conceptions and their formalization through the construction of a Logo-base school mathematics curriculum. *International Journal of Mathematics education in science and technology*, 18(4), 581-595.
- Kafai, Y. B. (2006). Playing and making games for learning: Instructionist and constructionist perspectives for game studies. *Games and Culture*, 1(1), 36-40.
- Kafai, Y. B., Franke, M., Ching, C., & Shih, J. (1998). Game design as an interactive learning environment fostering students' and teachers' mathematical inquiry. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 3(2), 149-184.
- Kafai, Y., & Resnick, M. (1996). *Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in a digital world*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Klopfer, E., Osterweil, S., & Salen, K. (2009). *Moving learning games forward. Obstacles opportunities & openness*. Recuperado de http://education.mit.edu/papers/MovingLearningGamesForward_EdArcade.pdf.

NCTM (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.

Papert, S. & Harel, I. (1991). Situating Constructionism. En I. Harel & S. Papert (Eds.) *Constructionism*. Recuperado de <http://www.papert.org/articles/SituatingConstructionism.html>

Sacristán Rock, A.I. (2003) La importancia de los micromundos computacionales como entornos didácticos estructurados para fomentar e investigar el aprendizaje matemático. *Memorias del Tercer Congreso Internacional sobre la Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora (CIEMAC)*, Cartago, Costa Rica.

Sawyer, B., & Smith, P. (2009). *Serious games taxonomy*. Recuperado de <http://www.dmill.com/presentations/serious-games-taxonomy-2008.pdf>.

Yoyo Games. (2013). Game Maker Studio [Software para desarrollo de videojuegos]. Recuperado de <http://www.yoyogames.com/gamemaker/download>

Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *IEEE Computer*, 38, 25-32.