

# DEFINICIÓN DE UN PROCESO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE JUEGOS SERIOS PARA EL APOYO DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA CINEMÁTICA

## DEFINITION OF A METHODOLOGICAL PROCESS FOR THE CONSTRUCTION OF SERIOUS GAMES AS SUPPORT TO THE TEACHING OF THE KINEMATIC PHYSICS

Carol Julieth Aguilar<sup>1</sup>, Gabriel Elías Chanchí<sup>2</sup>, María Isabel Vidal<sup>3</sup>

*Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca. Programa de Ingeniería Informática. Popayán. Colombia.*

*Recibido: 14/11/2017 • Aprobado: 30/11/2017*

### RESUMEN

*Los juegos serios pueden ser considerados una herramienta proporcionada por las tecnologías de la información y la comunicación, que están siendo usados en diferentes áreas del conocimiento, su objetivo va más allá de la diversión, este tipo de juegos propende por proporcionar al jugador un valor agregado, cuyo enfoque depende del tipo de juego que se desea utilizar. Los juegos serios de tipo educativo, conocidos como edutainment, pueden aportar valores significativos al proceso de enseñanza aprendizaje, razón por la cual se ha popularizado su uso. Aunque existen diferentes modelos que dan soporte metodológico para la creación de este tipo de tecnologías en procesos de enseñanza-aprendizaje, no se ha evidenciado la existencia de un proceso metodológico para la creación de juegos serios en el contexto de la física cinemática en educación media. En este artículo se propone como aporte la definición de un proceso metodológico para la construcción de juegos serios en este contexto. A partir del proceso metodológico definido, se construyó un prototipo de juego serio denominado kinematics, el cual permite validar la propuesta desarrollada.*

**Palabras clave:** *física cinemática, juegos serios, proceso metodológico.*

### ABSTRACT

*Serious games are considered a tool provided by the information and communication technologies; they are being used in different areas of knowledge and their goal goes beyond fun. This type of games tends to provide the player with an added value whose focus depends on the type of game you want to use. Serious educational games known as edutainment, can provide significant values to the teaching-learning process, which is why its use has become popular. Although there are different models that give methodological support for the creation of serious games in the context of kinematic physics in secondary education. This article proposes as a contribution, the*

<sup>1</sup> carola@unimayor.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-5886-3640>

<sup>2</sup> gchanchi@unimayor.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-0257-1988>

<sup>3</sup> mvidal@unimayor.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-5456-3082>

*definition of a methodological process for the construction of serious games, in the context of kinematic physics in secondary education. From the methodological process defined, a prototype of serious game called kinematics was built, which allows to validate the developed proposal.*

**Key words:** *kinematic physics, methodological process, serious games.*



## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la enseñanza de la ingeniería, se encuentran las ciencias físicas, las cuales se enmarcan en las ciencias básicas y la ingeniería. En el contexto de estas, en la educación media, se ha evidenciado la dificultad para apropiarse los conceptos asociados a estas, en parte por las falencias de los estudiantes para usar las matemáticas como lenguaje de la física, así como la necesidad de contar con infraestructura para dar soporte a las prácticas físicas.

En consecuencia, junto con lo anterior, se suma la falta de cobertura así como de recursos e infraestructura para la realización de experimentación, necesarios para el acoplamiento de la teoría y la práctica en el desarrollo de conceptos fundamentales de las leyes físicas. Por estas razones, la actualización del sistema educativo en general y la calidad educativa, no solo se deben centrar en el desarrollo cognitivo de los estudiantes, sino incluir nuevas dinámicas en la generación de conocimiento, innovación, calidad y pertinencia educativa a nivel regional. En este aspecto, las posibilidades que ofrece la incorporación de las TIC para mejorar la calidad educativa, se derivan de reconocer los cambios sociales que se han producido en el dominio del conocimiento, dando la posibilidad de acceder a este, en cualquier lugar y momento, lo que conduce a adquirir diferentes puntos de vista sobre la misma información, además de permitir representar la realidad, creando simulaciones que relacionan los conceptos con la solución de problemas reales dentro de un contexto curricular.

Un caso particular de la incorporación de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje, son los

juegos serios, siendo este un concepto que ha tenido mayor difusión en los últimos años. Los juegos serios son considerados como herramientas estratégicas que buscan mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje en el aula de clase. De esta manera, han sido utilizados en diferentes temáticas educativas generando aprendizaje significativo en los usuarios finales (Gros Salvat, 2009).

A partir de lo anterior, los juegos serios se convierten en una oportunidad para apropiarse los conceptos asociados a las ciencias físicas en educación media. A pesar de lo anterior, no se ha evidenciado claramente la existencia de un proceso metodológico para la construcción de juegos serios, para la enseñanza-aprendizaje de la física cinemática, en educación media. De acuerdo a esto, en el artículo se propone como aporte, la definición de proceso metodológico para la construcción de juegos serios aplicados a la enseñanza-aprendizaje de la física cinemática en educación media, el cual reúne en sus diferentes fases elementos pedagógicos y tecnológicos, que puedan guiar el proceso de desarrollo de este tipo de aplicaciones.

En este sentido, la presente investigación pretende identificar las características de los juegos serios que permitan determinar los principales elementos del proceso de enseñanza de conceptos en la física cinemática, y con base en estas características proponer un proceso metodológico a utilizar, para definir un proceso de diseño y construcción de un juego serio basado en el aprendizaje de esta área. El objetivo principal de esta propuesta es definir un posible diseño de contenidos educativos, enmarcados en un proceso metodológico

que permita implementar un prototipo de videojuego serio, orientado a la enseñanza de la física cinemática, manteniendo la motivación de los usuarios (estudiantes), mediante el establecimiento de un enlace entre la diversión y el proceso de enseñanza-aprendizaje.

De igual manera, el propósito de este trabajo es proponer un mecanismo para la validación y evaluación de los contenidos a través de heurísticas aplicadas al desarrollo de juegos serios, cuyo objetivo radica en generar soluciones alternativas al mejoramiento de los contenidos propuestos. Adicionalmente como medio de verificación del proceso metodológico propuesto, en este artículo se presenta un prototipo que implementa algunos de los retos planteados en el proceso metodológico. El prototipo de juego serio desarrollado, pretende ser un apoyo en cuanto al uso de la lúdica en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física cinemática.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta el marco conceptual que da soporte al trabajo realizado, en la sección 3 se presenta la metodología utilizada en el presente trabajo; en la sección 4 se muestra el esquema del proceso metodológico definido y la descripción de sus diferentes fases; en la sección 5 se presenta la instanciación del proceso metodológico propuesto por medio del desarrollo de un prototipo funcional; en la sección 6 se muestra la validación y evaluación del prototipo generado a nivel pedagógico y funcional; finalmente en la sección 7 se presentan las conclusiones y trabajos futuros derivados de este artículo.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

En las ciencias físicas existen dos conceptos importantes para su desarrollo: la observación y la experimentación. Para generar un concepto físico, es necesario definir las variables que mejor describen un fenómeno natural, y, mediante la variación de condiciones que modifiquen dichas variables, plantear un posible método de relación cuantitativo con el concepto, es decir, pasar del estudio y la observación a la

exploración. De este modo, el trabajo explorativo en la enseñanza de la física, tiene un efecto importante en la didáctica y la pedagogía de las ciencias básicas, por esta razón, constituye la base de la formación académica y curricular de las ciencias exactas y las ingenierías, haciendo evidente la necesidad de planear, aprender y enseñar mediante un conjunto de herramientas que permitan a la comunidad académica, retroalimentar el trabajo en aula.

En consecuencia con lo anterior, dentro de las herramientas tecnológicas que propician la inmersión en escenarios virtuales y la experimentación dentro de estos, se encuentran los videojuegos serios, los cuales hacen uso de la diversión y la lúdica como mecanismo que conduce hacia la apropiación del conocimiento en diferentes áreas (Baloco Navarro, 2017). Los videojuegos serios, son considerados como herramientas tecnológicas que utilizan un entorno construido a partir de elementos propios del juego como una historia, la definición y utilización de mecánicas y dinámicas de juego, retos y premios establecidos que motiven al jugador y reglas que apoyen la jugabilidad, con el objetivo de entrenar, enseñar, educar o informar, buscando generar en el usuario o jugador una experiencia significativa. Dentro de los juegos serios, se encuentra una clasificación que permite enfocar el objetivo final del juego ligado a una función específica. A continuación, se describen brevemente algunas de las categorías.

**Advergame:** es un tipo de juego serio utilizado en la promoción de productos o servicios, cuyo objetivo es ubicar el producto en un entorno atractivo que lo involucre dentro de la historia del juego. Este tipo de juego serio es considerado como la evolución de la "Publicidad en juego"-(Singh Aggarwal, 2015).

**Edutainment:** este tipo de juego serio tiene como objetivo cumplir con un propósito educativo que al combinarlo con el propósito convencional de los juegos que es divertirse proporciona al jugador un entorno de aprendizaje atractivo permitiendo elementos que favorecen el proceso de aprendizaje como la inmersión (Yusof, et al., 2011).

**Edumarket:** es un tipo de juego serio que combina aspectos relacionados con *advergaming* y *edutainment*, cuyo objetivo primordial es el de transmitir información sobre el funcionamiento de los mercados, generando atracción hacia los mismos (Ma, Oikonomou & Jain, 2011).

**Juegos de simulación:** el objetivo de este tipo de juego serio consiste en que el jugador adquiera o ejercite habilidades o comportamientos en el contexto de situaciones o condiciones simuladas. (Ma, Oikonomou & Jain, 2011).

En general, el uso de juegos serios se ha popularizado a partir de las oportunidades de inclusión en las diferentes áreas del conocimiento. En este sentido, el usuario final de estas tecnologías adquiere beneficios en diferentes aspectos a nivel de interacción, mejorando procesos, ya sea de aprendizaje, entrenamiento e inmersión. En este orden de ideas, un caso particular de la incorporación de las TIC, en los procesos de enseñanza-aprendizaje, son los juegos serios tipo *edutainment*, con respecto a los cuales numerosos autores reportan el desarrollo de habilidades sociales y cognitivas (De Freitas & Oliver, 2006), así como de capacidades de aplicación de estas frente a situaciones reales en el entorno.

Los *edutainment* son diseñados para proporcionar un contexto de entretenimiento y auto fortalecimiento con el cual se busca motivar, educar y entretener a estudiantes; igualmente, son una clase de juegos electrónicos, es decir, una subcategoría dentro de los juegos para computadoras y videojuegos, cuya finalidad va más allá del entretenimiento, y pueden servir para estimular el aprendizaje de los usuarios o sensibilizarlos sobre alguna problemática particular (Michael & Chen, 2006). La aplicación de esta tecnología, puede tener aplicación en la enseñanza de la física cinemática, convirtiéndose en un punto de convergencia del pensamiento pedagógico contemporáneo y las nuevas tecnologías de la comunicación (Gros Salvat, 2009).

En el campo de la física, existen varios modelos de juegos serios propuestos para el aprendizaje de

conceptos y la aplicación de las nuevas tecnologías. (Muñoz, Noguez, Mc Kevitt, Neri, Robledo-Rella, & Lunney, 2009) explora la creación de un juego de física educativa, utilizando una arquitectura de juego diseñada para involucrar al estudiante mientras juega y aprende, además de proporcionar un método de evaluación de los resultados registrados. Otro ejemplo de juego serio, basado en el aprendizaje de la mecánica newtoniana, es propuesto por (Juuti, Lavonen, & Meisalo, 2007), en el cual se examina el impacto que tiene un ambiente de aprendizaje virtual mediante la creación de mundos virtuales o ambientes interactivos para enseñar varios principios de la física, tales como la gravedad y colisiones. Finalmente, (Mohanty & Cantu, 2011), discuten varios juegos de video usados para enseñar física a estudiantes de pregrado. Todos estos ejemplos de juegos que utilizan conceptos de física fueron la base para determinar la importancia de la representación visual de un fenómeno y sus aplicaciones cognitivas en los estudiantes, por lo tanto, a partir de esta conclusión, se hace necesaria la definición de un proceso metodológico que incluya una serie de etapas para mejorar la visualización de los fenómenos físicos permitiendo una evaluación dentro del juego, considerando, posiblemente, nuevos problemas a resolver durante la retroalimentación del diseño.

El estudio de la implementación de juegos serios ha permitido el desarrollo de diferentes metodologías que podrían ser adaptadas para el diseño de videojuegos educativos en diferentes áreas. En los últimos años, diferentes prototipos de juegos han buscado reunir una base teórica para su diseño, incluyendo el desarrollo y prueba de los resultados obtenidos a partir de su implementación. En la Tabla 1 se muestra un conjunto de modelos asociados a la construcción de juegos serios (Mislevy, Almond & Lukas, 2003; De Freitas & Oliver, 2006; Sauv e, et al., 2007; De Freitas & Neumann, 2009; Van Staalduinen & De Freitas, 2011).

Se puede observar que varios de los modelos de la Tabla 1 requieren establecer una unión entre las estrategias pedagógica y el diseño del juego, sin embargo, la posterior implementación del prototipo ha conducido

a un cambio en la evaluación y el diseño del aprendizaje dentro del desarrollo de juegos serios aplicados a un contexto curricular enmarcado en un área de conocimiento determinada. En el caso específico de juegos serios propuestos para el aprendizaje de la física y la aplicación de las nuevas tecnologías, algunos de estos exploran la creación de un esquema de juego diseñado para involucrar al estudiante mientras juega y aprende, además de proporcionar métodos de evaluación de los resultados registrados.

**TABLA 1**

Modelos para construcción de juegos serios

Modelo	Características
Modelo centrado en la evidencia	Se basa en la implementación de tres modelos relacionados entre sí: modelo de contenido, de evidencia y de tareas.
Marco cuantitativo (4DF)	Se establecen cuatro dimensiones para la implementación de un juego serio: el contexto del aprendizaje, las particularidades del alumno, la representación del juego y las pedagogías adoptadas.
El modelo exploratorio de aprendizaje (ELM)	La interacción social se convierte en el centro de procesos de aprendizaje más interactivos y atractivos
Modelo enfocado a la estructura del juego	Se diferencian dos partes: la estructura del juego y los contenidos, en esta propuesta la estructura se puede mantener fija y los contenidos se adaptan a esta.
Aprendizaje basado en el juego	Reúne una serie de marcos y modelos de aprendizaje diferentes, incluyendo el modelo 4DF y un modelo de motivación del juego

De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que el juego serio, es un ejercicio recreativo basado en escenarios reales, donde se asume un rol en el mundo real o virtual, para obtener un aprendizaje, dirigido a una gran variedad de público (estudiantes de educación primaria y secundaria, profesionales, consumidores). Cabe mencionar, que los juegos serios pueden ser de cualquier género, usar diversa tecnología de juegos y estar desarrollados para multiplataforma (diferentes sistemas operativos). A pesar de lo anterior, existe un

desafío al diseñar y construir juegos serios adecuados para las necesidades de los sistemas curriculares; un debate significativo entre diseñadores de juegos y diseñadores pedagógicos, se centra en el establecimiento del papel exacto de la pedagogía en juegos serios. Mientras diversos autores han argumentado en su trabajo que la pedagogía debe ser un aspecto central del diseño del juego serio, por ejemplo, (De Freitas & Neumann, 2009), otros, incluyendo Zyda argumentan que la pedagogía debe ser subordinada a la historia y que el componente de entretenimiento viene primero (Zyda, 2005). Conseguir un equilibrio entre las exigencias de un buen diseño de juego con los requisitos para medir y mostrar resultados de aprendizaje ha impulsado gran parte del trabajo conceptual en el campo.

### 3. METODOLOGÍA

A partir de la revisión de las diferentes propuestas tecnológicas y pedagógicas existentes, relacionadas con los videojuegos educativos, en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física cinemática, las cuales se presentan en la Tabla 1 (Mislevy, Almond & Lukas, 2003; De Freitas & Oliver, 2006; De Freitas & Neumann, 2009; Sauvé, et al., 2007; De Freitas & Neumann, 2009; Van Staaldunin & De Freitas, 2011), se seleccionaron las características principales que permitieron la definición de un proceso metodológico para para la construcción de juegos serios, en el contexto de la física cinemática y la educación media. Posteriormente, se procedió con la definición de una dimensión pedagógica trasversal al proceso metodológico definido, la cual partió de la identificación de elementos pedagógicos fundamentales para la apropiación del conocimiento dentro de un video juego. Dentro de estos elementos se destacan: los diferentes objetivos de conocimiento, roles, tareas, trabajo en grupo y escenarios, los cuales deben ir articulados en las distintas fases del proceso metodológico y en la dimensión pedagógica.

Definido el proceso metodológico a utilizar, se desarrolló un prototipo de juego serio para el contexto

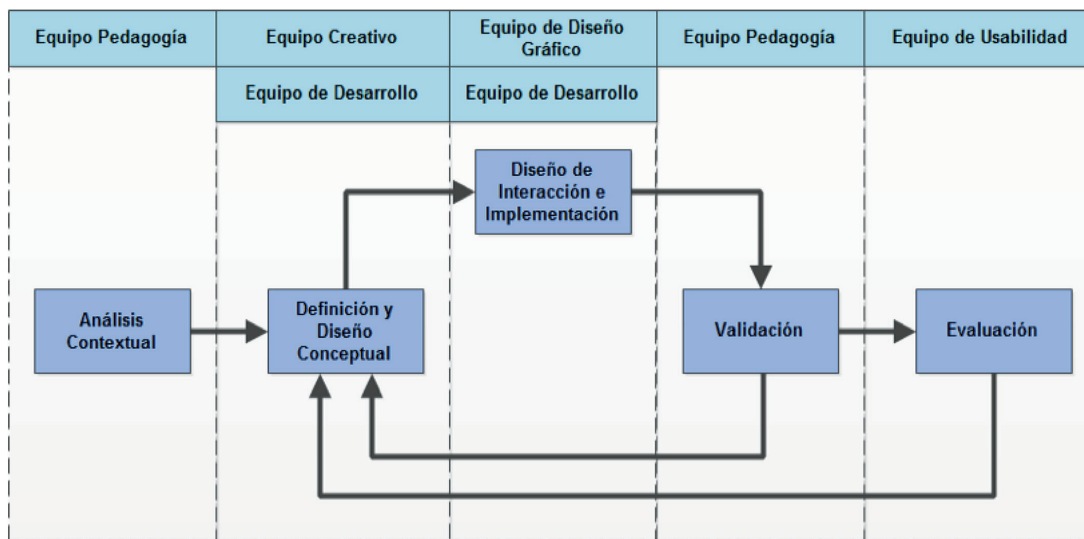
educativo, con objetivos centrados en el desarrollo conceptual de la física cinemática, como herramienta de gestión de la información, que permitirá determinar los aspectos más importantes de los diferentes procesos de enseñanza-aprendizaje.

El desarrollo de este aplicativo se implementó usando software libre para una aplicación web, la cual reflejará el proceso metodológico definido anteriormente. La implementación de este juego es diseñada para estudiantes de 13 a 15 años, en el entorno de desarrollo Blender 3D. Se definieron como contenidos, los siguientes subtemas del área cinemática: movimiento rectilíneo uniforme, movimiento rectilíneo con aceleración constante, caída libre y movimiento parabólico, lo anterior considerando que a nivel de la región estas son temáticas elementales de la enseñanza de la física, las cuales constituyen una parte fundamental en la didáctica y la pedagogía de las ciencias básicas. Una vez desarrollada la instancia del proceso metodológico definido, se procedió con la validación del mismo, para lo cual se contó con el apoyo de profesionales de las áreas de la física, la informática y la pedagogía, lo cual permitió verificar que los objetivos de aprendizaje definidos inicialmente y evidenciados en los retos del prototipo se correspondieran con las competencias del curso. De igual manera en cuanto a la evaluación funcional del prototipo, se contó con un equipo de expertos del área de la usabilidad, quienes evaluaron el prototipo mediante la técnica de focus group, la cual consiste en la realización de entrevistas de grupo, contando con un moderador encargado de guiar una entrevista colectiva durante la cual un grupo de personas (entre 6 y 8 personas preferiblemente con un número de integrantes impar) inicia una discusión en torno a las características y las dimensiones del tema propuesto. Cabe resaltar que en el presente trabajo la técnica de focus group estuvo dirigida al cumplimiento de los principios heurísticos de Nielsen (Nielsen & Mack, 1994) y de los principios heurísticos para videojuegos propuestos en (Pinelle, Wong, & Stach, 2008), por parte de los prototipos de los retos.

#### 4. PROCESO METODOLÓGICO

El propósito principal del proceso metodológico definido en esta sección, radica en la integración de cinco elementos en un esquema basado en algunos modelos teóricos implementados para el desarrollo de juegos serios y su aplicación en temas específicos. El proceso metodológico propuesto se basa en diferentes aspectos ampliamente discutidos en la Tabla 1, que proponen un esquema básico de construcción de un juego serio, el primer modelo, denominado marco cuantitativo (De Freitas & Oliver, 2006), establece cuatro dimensiones para la implementación, dentro las cuales se encuentran el contexto del aprendizaje, las particularidades del alumno, la representación del juego y las pedagogías adoptadas; otro aspecto importante a tener en cuenta se propone dentro del modelo exploratorio de aprendizaje (De Freitas y Neumann, 2009), donde la interacción social se convierte en el centro de procesos de aprendizaje más interactivos y atractivos; por otro lado, con respecto al desarrollo de la motivación del juego, se pueden establecer algunas actividades lúdicas que faciliten el proceso de aprendizaje (Van Staalduinen & De Freitas, 2011), finalmente, se consideró el modelo de diseño Centrado en la Evidencia (ECD), definido como un marco de diseño conceptual usado para recolectar datos de evaluación en muchos tipos de formatos, incluidos los juegos digitales (Groff, et al., 2015).

Por lo tanto, el proceso metodológico diseñado recoge cinco aspectos comunes de los modelos anteriormente mencionados: contexto, definición y diseño conceptual, diseño de interacción e implementación, validación y evaluación, los cuales se representan en la Fig.1. Para el desarrollo e implementación, es necesario contar con cinco equipos de trabajo, encargados de los aspectos pedagógicos, creativos, de diseño gráfico, desarrollo y usabilidad; en el proceso metodológico planteado, cada equipo participará en la implementación del juego serio y se encargará de la retroalimentación de las etapas propuestas.



**Fig. 1.** Proceso metodológico del juego serio adaptado de los modelos propuestos por De Freitas & Oliver (2006); De Freitas & Neumann (2009); Van Staalduinen & de Freitas (2011), y el modelo de diseño Centrado en la Evidencia (Groff, et al., 2015)

En la primera etapa se definió el contexto particular del juego, considerando los escenarios históricos, políticos, económicos, disponibilidad de recursos y herramientas específicas. Dentro de esta primera etapa se especifica el conocimiento a adquirir y la comprensión concreta del tema, así como la disponibilidad de soporte técnico. La segunda etapa, considera los atributos del alumno particular o del grupo de estudiantes, incluyendo la edad y el nivel del grupo; en esta fase se especificaron los componentes de aprendizaje, incluyendo antecedentes, estilos y preferencias, lo cual permitió definir los elementos en el diseño de los retos y actividades lúdicas, vinculados a las tareas que involucran a los estudiantes con respecto a esos conocimientos y habilidades. La tercera etapa se centró en el diseño y la implementación del juego; este aspecto se refiere al modo de presentación, la interactividad y los niveles de inmersión; esta dimensión es particularmente significativa para el proceso metodológico, debido a la diferencia entre estar inmerso en el juego y el proceso de reflexión crítica que tiene lugar fuera de él; posteriormente en la cuarta etapa, denominada validación, se contrastó a partir de los resultados de pruebas obtenidos, la aplicabilidad del juego en el desarrollo conceptual del estudiante, cualquier falla en esta etapa implicó una reevaluación del diseño

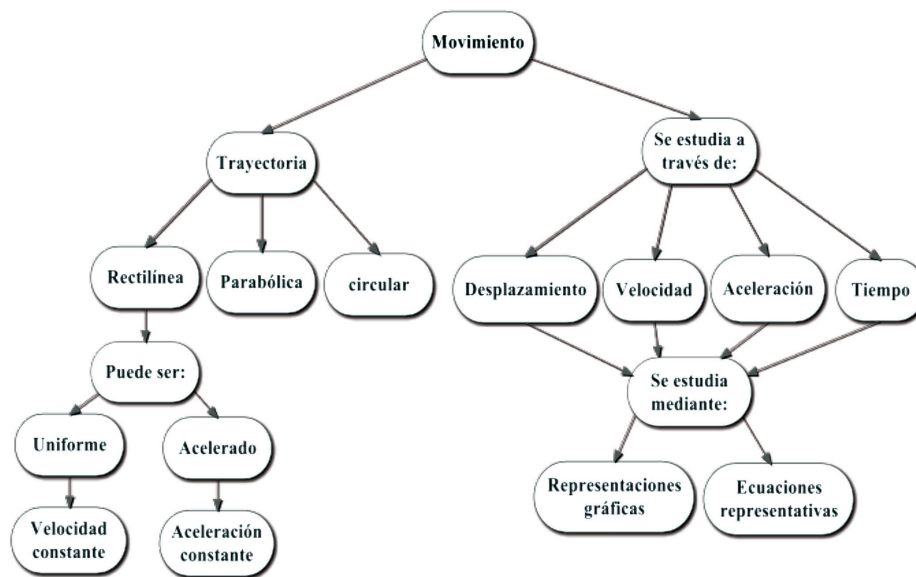
en general. En la quinta etapa, denominada evaluación, se analizaron los elementos de registros, datos y acciones generados durante la actividad, los cuales permitieron proporcionar interpretaciones y evidencia del avance del conocimiento adquirido por el estudiante (De Freitas & Liarokapis, 2011).



**Fig. 2.** Esquema secuencial del proceso metodológico propuesto para el desarrollo de un juego serio enfocado a la física cinemática

El proceso metodológico definido en la sección anterior, tiene asociada una dimensión pedagógica, la cual es transversal al proceso metodológico propuesto. Esta dimensión es presentada de manera secuencial en la Figura 2 y se centra en el establecimiento de los aspectos conceptuales importantes en el proceso de enseñanza aprendizaje de la física cinemática (ver Figura 2). De este modo las diferentes etapas de la dimensión pedagógica, permitieron identificar un conjunto de elementos pedagógicos para el establecimiento de un objetivo de aprendizaje dentro de un juego serio. La primera etapa, considera los atributos del alumno particular y del grupo de estudiantes, incluyendo la edad y el nivel de conocimiento del grupo acerca del tema dado; la segunda etapa, establece un área de

conocimiento, especificando el conocimiento a adquirir, partiendo de una metodología que facilite la comprensión concreta del tema de esta investigación; la tercera fase, se centra en el diseño de las actividades didácticas del juego a partir de los elementos considerados en la etapa anterior, permitiendo diseñar los retos y actividades lúdicas, vinculados a las tareas que involucran a los estudiantes respecto a esos conocimientos y habilidades; la cuarta etapa se centró en el diseño y la implementación del juego, en este contexto este aspecto se refiere al modo de presentación, la interactividad, los niveles de inmersión y fidelidad; esta dimensión es particularmente significativa para el proceso metodológico propuesto.



**Fig. 3.** Esquema pedagógico del proceso metodológico propuesto para el desarrollo de un juego serio enfocado a la física cinemática, adaptado de (García Arques, Pro Bueno & Saura Llamas, 1995)

En la Figura 3, se ilustra el esquema pedagógico utilizado para el estudio de la física cinemática. En este marco conceptual, se parte del aprendizaje de los conceptos de reposo y de movimiento, los cuales podrían depender del sistema de referencia, sin embargo, se debe tener en cuenta que el movimiento relativo puede resultar complejo para estudiantes de educación media, por lo tanto, este factor no se tendrá en cuenta en este trabajo. Por otro lado, asociados al estado del

objeto, los conceptos de desplazamiento, velocidad y aceleración constituyen la estructura fundamental en el desarrollo de la física, en este esquema además se evidencian inconvenientes en la asociación de conceptos físicos y su correspondiente lenguaje matemático, un ejemplo de estos se presenta al tratar de abordar el concepto de velocidad instantánea, debido a las implicaciones de conocimientos previos del cálculo diferencial por parte de estudiantes.



Además de estos conceptos generales y su simplificación en el lenguaje matemático, a través de ecuaciones sencillas, es importante abordar tanto su representación escalar como el carácter vectorial de estas representaciones.

Análogamente, es necesario, definir el tipo de trayectoria del objeto y las características de los diferentes movimientos relacionados con la particularidad del problema de estudio. En el esquema, no necesariamente debe seguirse un nivel jerárquico, el hecho de que algunos de ellos aparezcan en un mismo nivel no presupone ninguna secuencia organizativa (Novak & Gowin, 1984). Otros aspectos importantes a tenerse en cuenta en el desarrollo del esquema de pensamiento lógico y la interiorización de los conceptos básicos de la física cinemática, son las percepciones intuitivas y cualitativas desarrolladas frente al formalismo matemático. Por otro lado, se debe fomentar la capacidad del alumno de explicar la coherencia de sus resultados, de interpretar signos y convencionalismos cuantitativos, de ser crítico con sus hallazgos, lo cual hará parte de su proceso formativo permitiendo adquirir conocimientos específicos.

En esta propuesta, se establece un objetivo que servirá de ejemplo para mostrar la implementación del proceso metodológico planteado (ver Figura 4). En este esquema, cada uno de los conceptos relacionados con el área de conocimiento de la física cinemática se organiza de acuerdo a objetivos, actividades y tareas.

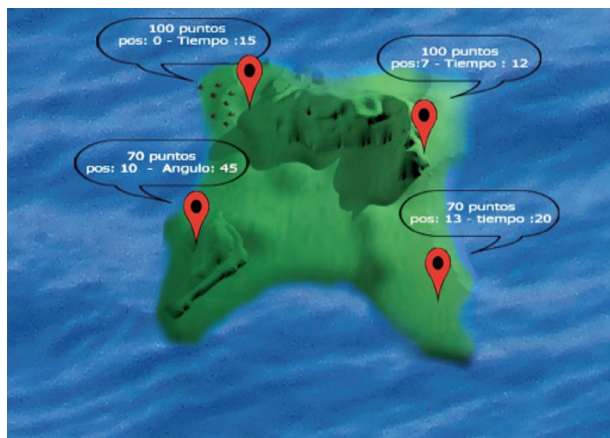


Fig. 4. Fragmento del planteamiento de uno de los objetivos enmarcados en el proceso metodológico

## 5. PROTOTIPO DE JUEGO SERIO KINEMATICS

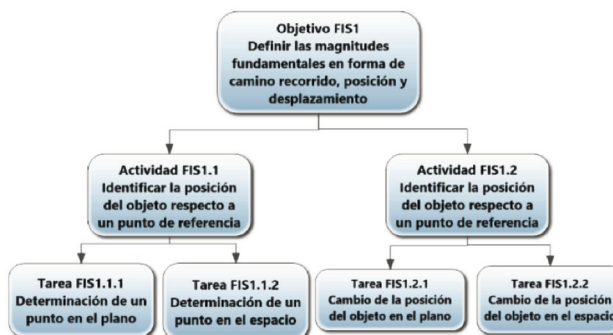


Fig. 5. Escenario de la Aventura, Isla Kinematic.

En esta sección se presenta la instanciación del proceso metodológico, definido en un prototipo software para el apoyo a los conceptos de cinemática. Este prototipo sirvió de base para realizar una primera aproximación al proceso metodológico presentado en la sección anterior. Los diferentes retos del juego serio fueron implementados mediante la herramienta libre y multiplataforma Blender, la cual permitió el modelado, animación y creación de gráficos tridimensionales. En el prototipo de diseño de cada nivel del juego se sugirió a los desarrolladores el uso de elementos gráficos siguiendo el modelo mental del usuario, es decir elementos que le permitieran al jugador la relación entre el sistema y el mundo real.

A nivel de la historia del prototipo construido como medio de verificación del diseño del proceso metodológico, es importante mencionar que el prototipo se denomina Kinematics 1.0, juego serio relacionado con el aprendizaje de la cinemática, desarrollado para ser ejecutado en PC. La implementación de este juego estará diseñada para estudiantes de educación media, en el entorno de desarrollo Blender 3D. En este artículo se presenta la implementación del primer nivel del juego correspondiente al entendimiento de los conceptos de posición y desplazamiento, lo anterior considerando que el movimiento de una partícula se conoce por completo si la posición de la partícula en el espacio se conoce en todo momento. En el prototipo presentado en este artículo, el jugador se encuentra en la base de operaciones de una organización

formada por villanos denominada Nitro, la cual se encuentra en una isla llamada Kinematic, Figura 5, los guardianes de la base son una serie de especies experimentales creadas por el doctor Guerra, investigador que busca sembrar el terror, creando un ejército para esclavizar la raza humana; el personaje principal deberá completar una serie de misiones, convirtiendo las criaturas a su estado natural, además ideando una forma de inactivar el laboratorio de Nitro sin comprometer la biodiversidad de la isla y capturar al doctor Guerra; los retos diseñados contendrán escenarios de aventura, estrategia y táctica.

En cuanto a los retos relacionados con el objetivo educativo, las escenas correspondientes al reto, se identificarán como RETO-FIS01. En la primera escena se describe la historia del doctor Guerra y las indicaciones para determinar la ubicación de la Isla Kinematic, se asigna la tarea a un avatar de llegar a la Isla, cumplir una serie de tareas y encontrar la manera de regresar a su estado natural la biodiversidad del lugar, destruir el laboratorio Nitro y capturar al doctor Guerra. En la segunda escena, se le muestra al usuario las opciones de crear su perfil, personalizar su avatar y controlar las opciones generales del juego. La tercera escena le indica al usuario un menú con las opciones de jugar, configurar, continuar, información de estado y salir del juego. La cuarta escena, presenta el reto: “Encontrar la isla”, cuyo desarrollo consistirá en ubicar en un plano la isla Kinematic, sorteando varios obstáculos que deberán ser rodeados o esquivados a través de la utilización de conceptos de posición y desplazamiento.

## 6. VALIDACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

Como medio de retroalimentación a las fases del proceso metodológico definido para la construcción de juegos serios, en esta sección se presenta la

evaluación del prototipo desde las perspectivas pedagógica y tecnológica, de tal forma que el costo de la redefinición de los elementos deficientes sea menor que si las pruebas se realizarán únicamente al final del proceso.

De acuerdo a lo anterior, en la etapa de validación se contó con el apoyo de profesionales del área de la física y la informática, quienes en conjunto con el equipo desarrollador contribuyeron en la definición de métricas a tener en cuenta en el juego, las cuales permitieran verificar el cumplimiento de las competencias asociadas a cada uno de los retos del juego serio. De este modo, dentro de las métricas consideradas para el juego serio presentado en este artículo se encuentran:

***Tiempo por prueba:*** Métrica definida como el tiempo empleado por el usuario en superar adecuadamente cada una de las pruebas o retos provistos por el juego serio. En caso que el jugador emplee varios intentos en superar una prueba, este valor corresponde al promedio de los tiempos.

***Número de intentos por prueba:*** Métrica definida como el número de veces que el jugador requiere para superar adecuadamente cada una de las pruebas o retos del juego serio.

***Número de puntos acumulados:*** Métrica definida como la cantidad de puntos que acumula el usuario al superar un reto determinado. Este valor es inversamente proporcional al número de intentos empleados por cada una de las pruebas.

***Número de veces que usa la ayuda:*** esta métrica es definida como el número de veces que el usuario requiere el uso de la ayuda teórica proporcionada por el juego, mientras el jugador interactúa con cada uno de los retos.



**Figura 6.** Reto: encontrar la isla Kinematic. Objetivo de aprendizaje: posición y desplazamiento, tema: cinemática, área de conocimiento: física

En cuanto a la etapa de evaluación funcional del juego serio, se hizo uso de la técnica de focus group, la cual consiste en la realización de entrevistas de grupo, contando con un moderador encargado de guiar una entrevista colectiva durante la cual el conjunto de personas inicia una discusión en torno a las características y las dimensiones del tema propuesto, se evaluó el reto propuesto, Figura 6. Cabe resaltar que en el presente trabajo la técnica de focus group estuvo dirigida en torno al cumplimiento de los principios heurísticos de Nielsen y en torno al cumplimiento de un conjunto de heurísticas para videojuegos, propuestas en (Pinelle, Wong & Stach, 2008).

Los principios heurísticos de Nielsen son 10 (1. Visibilidad del estado del sistema; 2. Relación entre el sistema y el mundo real, 3. Control y libertad de usuario; 4. Consistencia y estándares; 5. Prevención de errores; 6. Reconocimiento antes que recuerdo; 7. Flexibilidad y eficiencia de uso; 8. Diseño estético y minimalista; 9. Ayudar a los usuarios a reconocer; 10. Ayuda y documentación), y tienen por objetivo garantizar el cumplimiento de las características de usabilidad dentro de aplicaciones interactivas de propósito general. Dado que estos principios han sido las bases para la generación de diferentes tipos de heurísticas, en el presente trabajo se decidieron usar como un primer filtro sobre el prototipo de juego serio implementado.

En cuanto a las heurísticas de los videojuegos, estas se usaron como un segundo filtro, con el fin de verificar el cumplimiento de algunas características comunes a este tipo de aplicaciones. Estas heurísticas son: 1. Proporcionar respuestas coherentes a las acciones del usuario; 2. Permitir la personalización de las configuraciones de audio y video; 3. Posibilitar un comportamiento predecible a las unidades controladas; 4. Proporcionar una vista panorámica apropiada para las acciones del usuario; 5. Permitir a los usuarios saltar contenido no reproducible y frecuente; 6. Proporcionar asignaciones de entrada intuitivas y personalizables; 7. Proporcionar controles con un nivel apropiado de sensibilidad y capacidad de respuesta; 8. Proporcionar información a los jugadores sobre el estado del juego; 9. Proporcionar instrucciones, capacitación y ayuda; 10. Proveer representaciones gráficas fáciles de interpretar (Pinelle, Wong & Stach 2008).

En cuanto al primer filtro desarrollado, correspondiente a la evaluación del prototipo mediante los principios heurísticos de Nielsen, teniendo en cuenta la técnica de focus group, se obtuvo que los principios heurísticos de visibilidad del sistema, consistencia y estándares y ayuda y documentación fueron los menos aplicados dentro del prototipo. En cuanto al principio de visibilidad del sistema, los evaluadores manifestaron la necesidad de incluir títulos en cada una de las

vistas para orientar al usuario sobre el reto a superar. Así mismo se sugirió la inclusión del puntaje y las vidas en la parte superior derecha de la pantalla. En cuanto al principio de consistencia y estándares se recomendó el uso de los mismos tipos de fuentes, colores en los títulos y vistas de las diferentes pruebas y/o retos del juego. A nivel del principio de ayuda y documentación, se recomendó incluir en pantalla el modo de interacción del usuario con el prototipo software, así como el manejo de ayuda contextual teórica dependiendo del reto en el que el usuario se encuentre.

En cuanto al segundo filtro desarrollado, correspondiente a la evaluación del prototipo mediante heurísticas de usabilidad propias de los videojuegos, teniendo en cuenta la técnica de focus group, se obtuvo que las heurísticas de: permitir la personalización de las configuraciones de audio y video, proporcionar asignaciones de entrada intuitivas y personalizables, proporcionar información a los jugadores sobre el estado del juego, proporcionar instrucciones, capacitación y ayuda, fueron las que más se incumplieron dentro del prototipo. En cuanto a la heurística: permitir la personalización de las configuraciones de audio y video, los evaluadores manifestaron la necesidad de incluir esta funcionalidad dentro del juego, con el objetivo de hacerlo más personalizable a las

necesidades multimedia. En lo que respecta a la heurística: proporcionar asignaciones de entrada intuitivas y personalizables, los evaluadores manifestaron la necesidad de utilizar en la medida de lo posible teclas más genéricas y convencionales para los movimientos del usuario en el escenario. Con relación a la heurística: proporcionar información a los jugadores sobre el estado del juego, los evaluadores sugirieron incluir títulos en cada una de las vistas para orientar al usuario sobre el reto a superar. Del mismo modo, se sugirió la inclusión del puntaje y las vidas en la parte superior derecha de la pantalla. Finalmente, en lo que respecta a la heurística de proporcionar instrucciones, capacitación y ayuda, los evaluadores recomendaron incluir en pantalla el modo de interacción del usuario con el reto en cuestión, así como el manejo de ayuda contextual dependiendo del reto en el que el usuario se encuentre.

De acuerdo a lo anterior, existe cierta relación entre las heurísticas de Nielsen y las heurísticas para videojuegos consideradas (Pinelle, Wong & Stach, 2008), siendo la configuración de teclas genéricas y la personalización de configuraciones de audio y video el factor diferenciador. En la Figura 7 se presentan los cambios realizados a partir de los dos filtros de evaluación realizados.



Fig. 7. Modificaciones realizadas utilizando los resultados obtenidos en la etapa de evaluación

## 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En el presente artículo se definió un proceso metodológico para la construcción de juegos serios, en el contexto de la física cinemática. El proceso metodológico propuesto involucra aspectos pedagógicos, aspectos de desarrollo y aspectos de evaluación desde la perspectiva de la usabilidad, los cuales se abordan en cinco fases. Este proceso metodológico pretende servir de referencia en cuanto a la construcción de juegos serios aplicados en diferentes contextos de aplicación.

El proceso metodológico propuesto para el diseño e implementación de juegos serios toma en consideración aspectos relevantes de la pedagogía y de la usabilidad, las cuales normalmente no son considerados en el proceso de construcción de aplicaciones. Lo anterior permite que la propuesta de juego serio esté centrada en los objetivos del aprendizaje y en la interacción adecuada por parte del usuario.

El prototipo desarrollado como instancia del proceso metodológico propuesto, pretende servir de apoyo para los docentes de física de educación media, en el sentido que permita propiciar la lúdica en el aprendizaje de conceptos que no resultan tan fáciles de apropiarse en los estudiantes.

La fase de evaluación de usabilidad, realizada a los diferentes retos del juego serio, mediante las heurísticas de usabilidad de Nielsen y las heurísticas propias de los videojuegos, permitió contribuir con el cumplimiento de los objetivos de eficacia, eficiencia y satisfacción por parte del usuario de acuerdo al estándar ISO 9241, lo cual facilita una retroalimentación que favorece la escalabilidad y el mejoramiento del producto software.

Como trabajo futuro derivado del presente artículo, se pretende evaluar la propuesta de juego serio haciendo uso del test de usuarios, aplicado a estudiantes de básica primaria dentro del laboratorio de usabilidad. Lo anterior con el fin de complementar la evaluación de usabilidad realizada mediante la técnica de focus group. De igual manera se propone usar en próximas

versiones del producto, interfaces de entrada y salida como cámaras, gafas de realidad virtual o tecnologías de realidad aumentada, mejorando la inmersión de los usuarios finales y pensando en incluir nuevas temáticas asociadas a otras áreas de la física.

## REFERENCIAS

- Baloco Navarro, C. P. (2017). En la frontera del entretenimiento y la educación: juegos serios. *Cedotic*, 2(2), Recuperado en: <http://investigaciones.uniatlantico.edu.co/revistas/index.php/CEDOTIC/article/view/1869/1918>
- De Freitas, S. & Liarokapis, F. (2011) Serious Games: ¿A New Paradigm for Education? In Ma, M. et al. (eds.), *Serious Games and Edutainment Applications*, (pp. 29-54). London: Springer.
- De Freitas, S. & Neumann, T. (2009) The use of 'exploratory learning' for supporting immersive learning in virtual environments. *Computers & Education*, 52(2), 343- 352.
- De Freitas, S. & Oliver, M. (2006). How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated? *Computers & Education*, 46(3), 249-264.
- García Arques, J. J., Pro Bueno, A. & Saura Llamas, O. (1995). Planificación de una unidad didáctica: el estudio del movimiento. *Investigación y experiencias didácticas*, 13(2), 221-226.
- Groff, J., Clarke-Midura, J., Owen E., Rosenheck, L. & Beall, M. (2015). Better Learning in Games. A Balanced Design Lens for a New Generation of Learning Games. Learning Games Network, MIT Education Arcade Creative Commons License Attribution Share Alike 4.0 International, pp. 6-20.
- Gros Salvat, B. (2009). Certezas e interrogantes acerca del uso de videojuegos para el aprendizaje. *Comunicación*, 7(1), 251-264.
- Juuti, K., Lavonen, L. & Meisalo, V. (2007) Learning Newtonian Mechanics in Virtual and Real Learning Environments in Grade 6 in a Finnish Primary School. Proceedings of the IASTED International Conference. University of Helsinki, Finland.
- Ma, M., Oikonomou, A. & Jain, L. C. (2011). *Origins of Serious Games*. London: springer.
- Michael, D. and Chen S. (2006). Serious Games, Games that educate, train, and inform, Thomson course technology PTR, Boston.
- Mislevy, R. Almond, R. & Lukas, J. F. (2003). A brief introduction to evidence-centered design (Research Report 03-16). Princeton, NJ: Educational Testing Service. Recuperado en: <https://www.ets.org/Media/Research/pdf/RR-03-16.pdf>
- Mohanty, S. & Cantu, S. (2011) Teaching Introductory Undergraduate Physics Using Commercial Video Games. Consultado en junio 2017 en <http://arxiv.org/pdf/1107.5298v1.pdf>.

- Muñoz, K., Noguez, J., Mc Kevitt, P., Neri, L., Robledo-Rella, V. & Lunney, T. (2009). Adding Features of Educational Games for Teaching Physics. 39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. University of Ulster, Magee 18-21 October. San Antonio. Recuperado en: <http://fie2012.fie-conference.org/sites/fie2012.fie-conference.org/history/fie2009/papers/1457.pdf>
- Novak, J. & Gowin, B. (1984). Learning how to learn. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nilsen, J. & Mack, R. (1994). Usability Inspection Methods, Proceeding Conference Companion on Human Factors in Computing Systems New York, NY.
- Pinelle, D., Wong, N. & Stach, T. (2008). Heuristic Evaluation for Games: Usability Principles for Video Game Design. Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2008), 1453-1462. DOI=10.1145/1357054.1357282.
- Sauvé, L. Renaud, I., Kaufman, D. & Marquis, J. S. (2007). Distinguishing between games and simulations: A systematic review. *Educational Technology & Society*, 10(3), 247-256.
- Singh Aggarwal, V. (2015). A Study of e-learning games on children. *Journal of Management Research*, 7, 137-142.
- Van Staalduin, J. P. & De Freitas, S. (2011). A game-based learning framework: Linking game design and learning outcomes. In: Khyne, M.S. (ed.) *Learning to Play: Exploring the Future of Education with Video Games*. (pp. 29-54). New York: Peter Lang.
- Yusof, A. M., Gnanamalar, E. & Sarojini, D. (2011). A Current Review of the Use of Edutainment Applications to Promote Alternative Approaches in Addressing ADHD. International Conference on e-Commerce, e-Administration, e-Society, e-Education, and e-Technology (e-CASE & e-Tech 2011).
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25-32.

