

# **Videojuegos en Serio**

## **Creando Serious Games para aprender jugando**



**Stella Maris Massa**  
**Gustavo Alfredo Bacino**  
(compiladores)



# **Videojuegos en Serio**

## **Creando Serious Games para aprender jugando**

Stella Maris Massa  
Gustavo Alfredo Bacino  
(compiladores)

Primera Edición, 2017

Videojuegos en Serio: Creando Serious Games para aprender jugando / Stella Maris Massa ... [et al.]; compilado por Stella Maris Massa; Gustavo Alfredo Bacino; editado por Lucrecia Ethel Moro y María Elsa Fernández. - 1a ed. - Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata, 2017.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-544-808-7

1. Ingeniería de Software. 2. Diseño de Videojuegos. I. Massa, Stella Maris II. Massa, Stella Maris, comp. III. Bacino, Gustavo Alfredo, comp. IV. Moro, Lucrecia Ethel, ed. V. Fernández, María Elsa ed.

CDD 794.8083



Universidad Nacional de Mar del Plata  
Facultad de Ingeniería  
Grupo de Investigación en Tecnologías Interactivas (GTI)  
Av. Juan B Justo 4302  
7600 Mar del Plata, Buenos Aires.  
(+54-223) 481-6600  
<http://www.fi.mdp.edu.ar>  
<http://gidi.fi.mdp.edu.ar>

ISBN 978-987-544-808-7

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723

# Índice

Prólogo .....	7
Serious Game y aprendizaje. Nuevos Desafíos educativos .....	11
Proceso de selección de tecnología para el desarrollo de Serious Games.....	27
Modelo de Proceso de un Serious Game .....	41
Diseño y Construcción de Serious Games Elicitación de Requerimientos .....	61
Control por Lógica Difusa en Serious Games.....	79



## Prólogo

Consensuar en que todos los videojuegos contienen un componente pedagógico y que no deja de crecer el consumo de ellos convirtiéndolos en un bien cultural, se convierte en la oportunidad de los educadores para analizar, clasificar, curar, percibir e instrumentar a este fenómeno en pos de una transformación de los sistemas de aprendizaje heredados. Es imperioso lograr en esta transformación la debida comprensión del proceso de equipo multidisciplinario en el diseño y el desarrollo de los videojuegos, allí radica una de las principales claves a la hora de incorporar los videojuegos en espacios de aprendizaje. Análisis de distinción, clasificación pedagógica e instrumentación con adecuación disciplinar serían los pasos en el proceso de armado y desarrollo de contenidos y configuración de herramientas para aprender. Este proceso capitaliza el esfuerzo si entendemos que la cultura está asociada a las actividades que realizamos como sociedad para expresarnos, claro está, cuando jugamos nos expresamos y cuando desarrollamos y diseñamos también; es por esto que los videojuegos son una industria cultural y debemos abordarla como tal. El análisis y la instrumentación de los videojuegos es una parte fundamental de este proceso y el siguiente libro, que lo defino como un gran manual de análisis y referencias de grandes autores que forma parte del proceso actual de educación y tecnología, aporta al análisis y colabora como herramienta para el uso de los videojuegos en espacios de aprendizaje.

El libro aborda temáticas como lo son los juegos serios (serious games) y su relación con el aprendizaje y los nuevos desafíos educativos profundizando en el análisis de las nuevas capacidades y competencias adquiridas para formar parte de los desafíos del mundo actual.

*Resulta de vital importancia comprender los desafíos del mundo actual que nos encausan en ámbitos saturados de información y nos exigen aprendizajes eficientes en tiempo, costos y profundidad; los*

*juegos serios nos invitan a reencontrarnos con nuestra actividad primaria de aprendizaje y enfocar de manera profesional su uso para aportar valor a la sociedad.*

Nos introduce a los niveles de aprendizaje del videojuego en consonancia con la información necesaria para diseñar una experiencia de jugador satisfactoria.

*La complejidad del diseño de la experiencia no corresponde necesariamente a la naturalidad y profundidad del contenido, sino que el arte de diseñar se encarga de revelar su experiencia de formas característicamente personales. La singularidad de una sesión de juego en ningún momento se pierde por la banalización de la generalización, de esta manera los niveles de aprendizaje siempre cuentan con cuotas de compromiso, concentración e inmersión.*

Otro de los temas incorporados en la publicación se desprende del proceso de selección de tecnología para el desarrollo, confirmando la importancia de la elección del motor (engine) en la producción y tomando como base la subjetividad de la evaluación en relación a la experiencia y al desarrollo potencial que se quiera producir, denotando que no hay selecciones perfectas sino adecuadas.

*Es muy común cometer el error de idealizar las herramientas de trabajo pero siempre es conveniente asegurar la tecnología en la pre-producción y no generar cambios que afecten la línea de trabajo. El motor del videojuego debe ser conocido por todas las personas vinculadas al desarrollo para generar un idioma técnico común.*

Incumbiéndose en el desarrollo y el diseño de serious games explora variedades de construcción a partir de la matriz concreta de pre-producción, producción y post-producción.

*La particularidad circular, sobre todo, en la pre-producción de videojuegos hace de esta una actividad que centra todo su riesgo de producción al inicio del desarrollo. Optimizar los espacios de testeo e iteración suelen ser un aspecto clave para lograr posteriormente un desarrollo enfocado en una experiencia del jugador exitosa y congruente con el planeamiento.*

Resulta apasionante el análisis de la interrelación entre el sistema y el diseño de experiencia del juego valiéndose de la IA (inteligencia

artificial) y su representación a través de la programación de bots desde la lógica del software.

*Tan apasionante como compleja resulta la inteligencia artificial que nos pone en jaque filosófico analizando la perfección humana de la construcción natural de identificación, los videojuegos comúnmente nos hacen recordar a nosotros mismos y también a todo lo que imaginamos y no entendemos. El cruce de la experiencia del jugador y la relación con el sistema de inteligencia artificial es simplemente la posibilidad de nos da la propiedad intelectual, las creaciones de la mente.*

Alejandro Andrés Iparraguirre



*Técnico Superior en Comercialización y Técnico en Electrónica, se desarrolla como productor y gestor cultural fomentando la industria de los videojuegos. Profesor Titular de la Licenciatura en Artes Electrónicas de (UNTREF Universidad Nacional de Tres de Febrero). Actualmente se destaca en la industria del desarrollo de videojuegos como miembro fundador en FundAV (Fundación Argentina de Videojuegos) y formando parte activa como vocero en DUVAL (Desarrolladores Unidos de Videojuegos de América Latina), es coordinador del área de videojuegos para el Ministerio de Cultura de la Nación Argentina. Su trabajo específico es como productor en*

*la coordinación del equipo de desarrollo y como consultor de producción, recursos humanos, marketing y comunicación del sector de videojuegos. Como proyectos se pueden destacar los eventos Game Work Jam (Evento de emprendedorismo de Videojuegos), Argentina Train Jam (Game Jam en Trenes Argentinos) e Incantation (Videojuego de PC inspirado en pueblos originarios)*



# **Serious Game y aprendizaje. Nuevos Desafíos educativos**

## **1. Introducción**

El juego es una de las actividades inherentes al ser humano y es de carácter universal. Trabajos como los de Connolly et al. (2012) y de Urquidi & Tamarit (2015) aportan fuertes evidencias tanto teóricas como empíricas, sobre el juego como medio para adquirir habilidades.

En particular, un videojuego es un software donde los jugadores participan en un conflicto artificial definido por reglas que transcurre dentro de una realidad simulada donde el jugador pone sus emociones en juego (Salen y Zimmerman, 2004; Crawford, 2003).

Más allá de su definición, el videojuego es una de las actividades humanas con mayor evolución y aceptación de los últimos años (ESA, 2017).

En particular, en este libro nos centramos en un caso particular de videojuegos, los llamados “Juegos Serios” o Serious Games (SG).

En la definición más formal de Zyda (2005, p. 26), el entretenimiento se plantea explícitamente como: "Serious Game: una contienda mental, jugado con una computadora de acuerdo con reglas específicas, que utiliza el entretenimiento para fomentar la formación gubernamental o empresarial, educación, salud, política pública y objetivos de comunicación estratégica".

Al comparar juegos serios con juegos de computadora, Zyda sostiene que los SG tienen más que historia, arte y software. Es la adición de la pedagogía (actividades para educar o instruir, impartiendo así conocimiento o habilidad) lo que hace que los juegos sean serios.

Sin embargo, también subraya que la pedagogía debe estar subordinada a la historia y que la componente de entretenimiento viene primero.

Un problema con el término "juego serio" en sí es que parece haber una contradicción entre sus componentes: los términos "serio" y "juego" pueden parecer mutuamente excluyentes.

El primer término, está de acuerdo con Ben Sawyer (Michael y Chen, 2006): intención de reflejar el propósito del juego, por qué se creó y no tiene contenido del juego en sí. Respecto al segundo término, ya Wittgenstein (1953) mostró que hay dificultades para definir el concepto de juego. Simplemente no hay condiciones necesarias y suficientes (Susi, Johannesson & Backlund, 2007).

En los siguientes apartados se aborda el potencial del videojuego como herramienta educativa.

## **2. Videojuegos y las emociones**

La diversión es uno de los aspectos del videojuego que invita a jugar. Koster (2013) define la diversión como un efecto de aprender algo nuevo, algo que obtenemos o ganamos. Ese sentimiento de diversión es un mecanismo de feedback positivo que impulsa al jugador a repetir la actividad una y otra vez.

Aunque, coincidiendo con Scolari (2013), Pérez Latorre (2012), Frasca (2009) y García Gigante (2009), en realidad los videojuegos son mucho más que un simple divertimento, ya que son parte importante de nuestra cultura al igual que sucede con otros medios como la televisión, el video, la música, la radio o los libros y deben analizarse desde esta perspectiva.

Existen otros factores que condicionan su adhesión o engagement, tales como las demandas sociales, los elementos emocionales y las etapas cognitivas; las motivaciones (social, emocional e intelectual) y los atributos del juego/género (juego colaborativo, demandas y retos) (Sherry, 2013), pues pueden aumentar el interés y las expectativas ante la experiencia lúdica (Boyle, et al. 2016).

A propósito de la motivación y el compromiso con la actividad, Csikszentmihalyi (1990) define que la integración del trabajo y el juego determinan el estado psicológico que ha llamado "estado flow". Se refiere a un estado de ánimo caracterizado por la concentración enfocada y elevado disfrute durante las actividades intrínsecamente interesantes (Shernoff, Csikszentmihalyi, Schneider & Shernoff, 2003).

Csikszentmihalyi (1990), distingue ocho elementos importantes del "estado flow" comunes en la mayoría de las personas durante una experiencia óptima:

- una tarea difícil pero que se puede resolver;
- los objetivos son claros, no hay ambigüedades;
- retroalimentación inmediata de la tarea;
- participación profunda pero sin esfuerzo que elimina de la conciencia las frustraciones y preocupaciones de la vida cotidiana;
- sentido de control sobre nuestras acciones;
- no hay preocupación por sí mismo;
- hay libertad completa de concentrarse en la tarea y
- alteración del paso del tiempo.

Entre los principales aportes de Csikszentmihalyi al análisis de la "experiencia óptima" o "estado flow" existe la necesidad de establecer una tarea en los videojuegos que suponga un "reto para el individuo", quien debe tener una predisposición hacia tareas que requieran el uso de grandes habilidades que sólo se alcanzan después de conseguir un cierto nivel de experiencia.

Según González Tardón (2006) los videojuegos provocan distintas y quizás contrapuestas emociones en una sesión de juego. La autora describe desde su propia experiencia e ilustra con diferentes videojuegos los variados estados emocionales que se producen (interés, felicidad, humor, sorpresa, ansiedad, hostilidad, asco, ira, tristeza y amor).

Tal como destacan González y Blanco (2008), se podrían aprovechar las emociones que propician para potenciar el aprendizaje.

Centrándose en los SG, Portnow (2008) señala que algunos se crean generalmente con el conocimiento de que, si alguien está interesado en un tema aprenderá más y estará mejor predispuesto. Asume que, convirtiendo su tema en un juego forzará ese interés sobre el jugador, haciéndolo más emocionante, y así lo ayudará a aprender mejor.

Coincidiendo con Hecker (2010), Blair (2012), García Mundo et al. (2014), *Bossolasco et al. (2015)* y *Fanfarelli & McDaniel (2015)* entre otros, los SG necesitan crear una motivación intrínseca para que sus usuarios aprendan, en lugar de intentar forzar el aprendizaje sobre ellos.

Cuando un estudiante tiene una motivación intrínseca, está motivado por la vivencia del proceso, más que por los logros o resultados del mismo, lo que provoca que estudie por el interés que le genera un contenido o una materia (Polanco, 2005).

Según Raffini (1998), la motivación intrínseca nos hace elegir realizar una tarea por la simple satisfacción de hacerla, sin nada que nos obligue o presione.

La clave será entonces combinar la experiencia del juego y la motivación intrínseca embebiendo los objetivos de aprendizaje dentro del juego.

En esa línea, Rocha, Isotani & Biitencourt (2015) afirman que el éxito de los SG depende de:

- a) Una especificación que cubra los aspectos:
- b) Educativo: objetivos pedagógicos (contenidos, técnicos, material, evaluación)
- c) Juego: (trama, ambiente, retos, personajes, efectos visuales y sonoros, interacción entre estos elementos).
- d) Contexto: lugar, estado del jugador (detenido, caminando, corriendo), objetos que visualiza, estado de la tarea a realizar, capacidades adquiridas al momento.
- e) Software: requerimientos funcionales y no funcionales del software.
- f) La existencia de un ambiente de desarrollo que favorezca la integración de conocimientos multidisciplinarios.
- g) La elección de metodologías de calidad que contemplen el rechazo de artefactos.
- h) Prever la evaluación de la secuencia pedagógica embebida en el producto y la validación del mismo como herramienta pedagógica.

En los capítulos siguientes se presentará una Metodología de desarrollo de SG que busca balancear tanto a los aspectos educativos y del juego como del software.

### **3. Videojuegos y competencias**

Jenkins (2009) y Tyner (2008) enfatizan las posibilidades enormes de prácticas de conocimiento que habilitan los nuevos medios. Los autores hablan de “affordances”: posibilidades de acción que un individuo es consciente de poder realizar. Estas acciones y procedimientos permiten nuevas formas de interacción con la cultura, más participativa, más creativa, con apropiaciones originales.

En su trabajo Jenkins (2009) identifica once habilidades sociales y competencias culturales esenciales que necesitan adquirir los jóvenes para participar en el nuevo ambiente de los medios.

Las nuevas capacidades incluyen:

1. Jugar: experimentar con lo que nos rodea como una forma de resolución de problemas.
2. Actuación: adoptar identidades alternativas para el propósito de la improvisación y el descubrimiento.
3. Simulación: interpretar y construir modelos dinámicos de los procesos del mundo real.
4. Apropiación: remixar y mezclar con sentido el contenido de los medios de comunicación.
5. Multitarea: explorar el ambiente y cambiar el enfoque según sea necesario para tener en cuenta detalles sobresalientes.
6. Cognición distribuida: interactuar de manera significativa en entornos sociales, artificiales y herramientas que expanden el conocimiento.
7. Inteligencia colectiva: compartir conocimientos y comparar material con otros hacia una meta común.
8. Juicio: evaluar la fiabilidad y credibilidad de la información de diferentes fuentes.
9. Navegación transmediática: seguir el flujo de historias e información a través de múltiples modalidades.
10. Trabajo en la red: buscar, sintetizar y difundir información.
11. Negociación: viajar a través de las diversas comunidades, discernir y respetar múltiples perspectivas y comprender y seguir normas alternativas.

Con una metáfora ingeniosa, Prensky (2001) se refiere a los “niveles” de aprendizaje en los videojuegos (cómo, qué, por qué, dónde, cuándo):

### ***Nivel de aprendizaje 1: Aprender cómo***

Es el nivel de aprendizaje más explícito, que toma lugar cuando se juega un videojuego. A medida que se juega se aprenden, de forma gradual o rápida, los movimientos del juego en el que se incluyen los personajes y las cosas. Se aprende que se puede lograr que realicen cada uno de estos elementos, por ejemplo: entrenar a los personajes o utilizar las herramientas que nos ofrece el juego. Adicionalmente el jugador es consciente del control que tiene de lo que sucede en la pantalla, a diferencia de cuando se está viendo una película o la televisión.

Se pueden aprender actividades del mundo real en cuanto el videojuego simule con mayor precisión el mundo real. Prensky (2001), se pregunta ¿Pueden los juegos enseñarle a monitorear y usar los controles y calibradores de un avión o tren de la vida real? ¿Puede un juego mostrarle el camino alrededor de una plataforma de petróleo de la vida real? ¿Se puede aprender a través de un juego la mecánica del comercio, instrumentos financieros? El autor afirma que los jugadores suelen elegir este tipo de juegos porque están interesados en aprender estas competencias.

En relación a ello, la efectividad de los SG como herramientas de simulación y entrenamiento radica en su nivel de inmersión visual, sonora y emocional con el usuario y en su característica de interactividad constante. La experiencia de juego permite a un usuario entrar en “estado flow” (de inmersión y concentración total) en un tiempo mucho menor que por otros medios (Hamari & Koivisto, 2014).

En definitiva el nivel "cómo" que refiere Prensky (2001) tiene una extensión más profunda, un aprendizaje más transferible, mediante la mejora de las habilidades no específicas del juego como: procesamiento en paralelo y multitarea, usar y administrar una gran base de datos de la información. A través de la práctica en el juego, se pueden integrar simultáneamente estas perspectivas en una única visión del mundo. Los jugadores aprenden a incorporar información periférica, una habilidad que puede ser mejorada a través de los videojuegos (Greenfield, 1998).

### ***Nivel de aprendizaje 2: Aprender qué***

En este segundo nivel, los jugadores aprenden qué hacer (y qué no hacer) en el juego, es decir, aprenden reglas. En los juegos de mesa, los jugadores suelen aprender las reglas de un juego antes de empezar a jugar. Pero esto es diferente en los videojuegos: se aprende mientras se juega, por ensayo y error, jugando y encontrando lo que se puede y no se puede hacer, en lugar de leer la lista de antemano. Es decir, las reglas se descubren jugando.

Aranda y Sánchez–Navarro (2010) señalan que las reglas *permiten entender el mundo del videojuego y al mismo tiempo lo hacen justo, igualitario y emocionante*. El jugador se involucra en la narrativa del videojuego y se convierte en partícipe responsable de la historia, la cual está condicionada por las reglas y las decisiones que éste tome.

Algunos críticos consideran que estas reglas son "restrictivas" y, por tanto, limitan el aprendizaje. Pero una característica interesante de muchos videojuegos es que con frecuencia se pueden cambiar las reglas incorporadas, utilizando los códigos fácilmente reconocibles (llamados "trucos o atajos") que son parte de la mayoría de los juegos y se pasan de jugador a jugador a través de la web, revistas, etc.

Estos códigos le dan armas adicionales, vidas, poder, etc. que le permiten esencialmente alterar las reglas. Así, los jugadores aprenden que las reglas no son necesariamente fijas, que pueden ser cambiadas, y que los juegos ofrecen diferentes desafíos con diferentes recursos a su disposición.

Consalvo (2007), analizó los trucos y secretos en los videojuegos y, basándose en el concepto de "*capital cultural*" de Pierre Bourdieu, la autora reelabora este concepto denominándolo "capital del juego" en donde las dinámicas de la trampa y los trucos son parte del mismo.

En relación a este concepto, Consalvo (2007) señala que existen segmentos de la industria del videojuego que han contribuido con elementos importantes a este "capital del juego". Hay sitios web, revistas especializadas, videos, foros, etc., que indican cómo jugar, cómo sortear los obstáculos e, incluso, cómo evadir las reglas del juego, los límites del juego y medios para que las posibilidades de los jugadores se vean vulneradas que pueden afectar el capital de juego de los videojugadores. Aunque éstos valoran mucho más el desafío de resolver los obstáculos del juego y lograr un alto nivel de habilidad, que la acumulación de información sobre el juego (aunque esto les permita avanzar y tener ventajas sobre otros jugadores).

Existe otro motivo más valioso que acumular información. Tener acceso a ella los convierte en muchos casos en miembros de la cultura del videojuego: conocer las publicaciones y los secretos del juego para compartirlo con los otros miembros.

### ***Nivel de aprendizaje 3: Aprender por qué***

Los jugadores experimentados aprenden estrategias y tácticas específicas para tener éxito en algunos juegos: cuando atacar abiertamente o a hurtadillas, ser egoísta o cooperar o utilizar los diferentes elementos según la circunstancia. Aprenden que los movimientos combinados son más efectivos que los movimientos individuales.

Los ya mencionados SG presentan a los jugadores retos y misiones que implican tomas de decisiones, resolución de problemas, búsqueda de información selectiva, cálculos, desarrollo de la creatividad y la imaginación,

etc., logrando el efecto inmersivo en el juego, como una prolongación de la experiencia vital del usuario (del Moral Pérez, 2013).

Marcano (2008) afirma que entre las características distintivas de los SG se destacan que:

1. Están destinados para la educación, el entrenamiento en habilidades determinadas, la comprensión de procesos complejos, sean sociales, políticos, económicos o religiosos; o para publicidad de productos y servicios.
2. Se vinculan con algún aspecto de la realidad (inmersión). Esto favorece la identificación del jugador con el área de la realidad que se está representando en el ambiente virtual.
3. Constituyen un ambiente tridimensional virtual en el que se le permite una práctica "segura" para que los usuarios aprendan o practiquen habilidades, creando entornos que se parecen de alguna manera a la realidad. Hoy en día muchos pilotos o médicos deben de obtener experiencia en simuladores antes de subirse a un avión real o antes de realizar un procedimiento quirúrgico.

Las estrategias militares se pueden aprender jugando videojuegos. La capacitación militar incluye muchas veces videojuegos, algunos adaptados especialmente a los que se suele denominar "simuladores".

Premsky (2001) afirma que, al igual que en los otros niveles, se aprenden lecciones más profundas y más valiosas relacionadas con "la vida real" como:

- Causa y efecto.
- Ganancias a largo plazo contra ganancias a corto plazo.
- Establecer orden en lo que aparenta ser caos.
- Consecuencias de segundo orden.
- Comportamientos de sistemas complejos.
- Resultados contrarios a la intuición.
- Usar los obstáculos como motivación.
- El valor que tiene perseverar.

#### ***Nivel de Aprendizaje 4: Aprendiendo dónde***

El nivel "dónde" es el nivel de "contexto". Este nivel abarca el enorme aprendizaje cultural que se desarrolla en algunos videojuegos.

Según las categorías de Ruiz Collantes (2013) si nos remitimos a los "juegos de representación" en los cuales su contenido narrativo queda asegurado por su vinculación a un mundo de referencia concreta a simular y el nivel "donde" el jugador aprende sobre el mundo del juego, ideas, mitos o

valores. Se aprende: lo correcto versus lo incorrecto; el bien contra el mal; victoria versus derrota; habilidad versus suerte; el deseo de ayudar; el esfuerzo por ascender. Los jugadores aprenden a manejar la relatividad cultural y tratan con diferentes pueblos, razas y roles, se identifican con los personajes del juego y las culturas que habitan.

McLuhan (1994), sostiene que los juegos son una manera inmediata de participar plenamente en la vida de una sociedad que ningún trabajo o función puede proporcionar.

En este nivel de aprendizaje un aliado es la inmersión. El jugador “siente” que está en esa cultura y muchas veces, no conscientemente, aprende de ella.

Según Murray (1999) la inmersión que se experimenta cuando se juega un videojuego, en términos metafóricos, se asemeja a la acción de sumergirse en el agua. En esta situación nos encontramos en un medio diferente, con distinto peso específico y rodeado de una sensación de liviandad que reconfigura los límites espaciales. La autora describe a la pantalla como una “cuarta pared” que le otorga al jugador control y seguridad, mientras que éste se encuentra en el mundo real, su avatar realiza movimientos en el espacio virtual dentro de la pantalla. Estas circunstancias son las que provocan sensaciones de fascinación en los usuarios.

Profundizando en el concepto, Ermi & Mäyrä (2005) definen tres tipos de inmersión. Esta tipología es útil para analizar qué recursos se pueden considerar en la mecánica de un videojuego. Clasifican la inmersión en un videojuego en tres tipos: inmersión sensorial, basada en desafíos e imaginativa:

- Sensorial: experiencia audiovisual de los videojuegos. Puede intensificarse agregando componentes gráficas y sonidos.
- Basada en desafíos: se juega en un estado de concentración destinado a la superación de los desafíos. Es muy cercana al “estado flow” de Csikszentmihalyi (1990) que se describió anteriormente.
- Imaginativa: describe la absorción de la narrativa del juego y la identificación con el personaje que se está utilizando. Es la más prominente en juegos de rol.

### ***Nivel de aprendizaje 5: Aprender cuándo y si***

En este nivel los jugadores aprenden a tomar decisiones basadas en sus valores estableciendo si algo está bien o está mal. Es donde los jugadores ganan o pierden en el juego, en término de su aprendizaje.

Es el nivel de aprendizaje más profundo. Implica lo emocional “no consciente”, como dicen los actores, el “sub-texto”.

Los jugadores aprenden basándose en valores y decisiones morales, lo que puede causar controversia.

En niveles más complejos este aprendizaje proviene del uso de alegorías y símbolos, imágenes, situaciones, sonidos, música y otros efectos productores de emociones y combinaciones de efectos, muy comunes en novelas o películas.

El juego de espionaje de UbiSoft de la serie “Tom Clancy's Splinter Cell”, apareció en casi todas las consolas, proponía al jugador ponerse en la piel de Sam Fisher, el protagonista de toda la saga, en su aventura más peligrosa. Debía infiltrarse en una organización terrorista y se encontraba en ocasiones con la difícil decisión de matar o no a uno de sus aliados para no comprometer su posición encubierta.

En el videojuego McDonald's el jugador puede realizar una serie de acciones “neutras” como comprar terrenos para crear pastos o cultivos, contratar o despedir empleados, lanzar campañas publicitarias, etc., y también una serie de acciones amorales o inmorales como talar árboles para crear pastos o cultivos, inyectarles hormonas a las vacas para que engorden más rápido, sobornar, etc. Como en todo juego estratégico, el jugador de McDonald's se pregunta cuál es la estrategia dominante que permite alcanzar con mayor eficacia los objetivos principales del juego. En este caso, el jugador aprende que para “ganar” resulta conveniente no tener escrúpulos y centrar su interacción en procedimientos éticamente reprobables. (Pérez- Latorre, 2010).

Como señala Prensky (2001), a medida que la realidad y la simulación se borran (y los juegos no son el único lugar donde esto puede suceder), alguien necesita ayudarnos a mantenerlos “en orden”. Esto tiene implicaciones importantes para los formuladores de políticas.

Tortolini (2014) menciona que cuando se juega un videojuego se dan -entre otros- dos fenómenos: la "suspensión de la incredulidad" (creemos lo que el juego nos propone aunque racionalmente sabemos que es imposible y la "desconexión moral" propuesto por Hartman y Vorderer (2010) (la violencia virtual puede causar disfrute en lugar de incomodidad moral y disgusto provocado por esta desconexión).

Tal como afirma Prensky (2001) pueden observarse cada uno de los cinco niveles descritos, pueden contextualizarse a la forma en la que afronta diversas problemáticas un individuo en el mundo real y cómo el mismo aprende de la experiencia de resolver o no resolver dichas problemáticas. Es decir, que el acto de jugar un videojuego (sea este educativo o no), contiene una gran carga de aprendizaje significativo, aun cuando el jugador no haya pretendido aprender algo al momento de iniciar su sesión de juego.

#### **4. El aprendizaje efectivo y los videojuegos**

Las dificultades para medir los resultados del aprendizaje logrado a través del uso de los SG han sido una barrera en el éxito de su adopción en educación (Baalsrud Hauge et al, 2014; Alvarez & Michaud, 2008; Ulicsak

2010; de Freitas y Liarokapis, 2011) y capacitación o entrenamiento (Boinodiris, 2012, Freire et al., 2016).

En esa línea, Baalsrud Hauge et al. (2014) señalan que el alto rendimiento en un juego, sin embargo, no implica necesariamente un aprendizaje efectivo. En general, el juego está inherentemente vinculado con el rendimiento, que va acompañado por una actitud de logro de hitos y altas puntuaciones. En contraste, el aprendizaje a menudo requiere oportunidades de reflexión, repetición, pausas e incluso la preparación para cometer errores y aprender de ellos. Por lo tanto, en muchos aspectos el proceso de juego puede entrar en conflicto con el proceso de aprendizaje.

Este conflicto entre aprendizaje y desempeño será mayor a medida que los SG ofrezcan más opciones abiertas y libertad de movimiento a los estudiantes. Hoy en día muchos SG tienden a reflejar enfoques de resolución de problemas realistas, contextualizados, aprendizaje autodirigido y una amplia gama de habilidades relevantes para los trabajadores del conocimiento de este nuevo milenio (Westera, Nadolski & Hummel, 2014). La evaluación del aprendizaje en SG está lejos de ser sencilla y requiere de métodos y modelos adicionales que produzcan evaluaciones válidas y evidencias de aprendizaje basado en juegos, lo que requiere datos adicionales de los jugadores.

Pero los intereses recientes en las denominadas “Learning Analytics” o Analíticas de aprendizaje (LA) pueden ser una solución para resolver esta situación. Fournier, Kop & Hanan (2011) definen LA como la “medida, colección, análisis y presentación de datos sobre los estudiantes o capacitandos y su contexto, con el propósito de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce”.

Por lo tanto la integración de LA en el diseño de SG ofrece nuevas oportunidades para rastrear y analizar datos del comportamiento de los estudiantes sobre la base de su interacción individual o grupal, interpretar el proceso de aprendizaje, realizar recomendaciones y personalizar el aprendizaje (Siemens, 2010; Horizon Report et al., 2013; Serrano-Laguna, et al. 2014).

La riqueza actual de los datos reunidos a través de los weblogs, motores de seguimiento, eye trackers, localización y detectores de movimiento, en combinación con las emergentes LA representa una excelente oportunidad para mejorar la supervisión y evaluación del aprendizaje basado en videojuegos.

## **5. A modo de Conclusión**

En este capítulo se ha presentado una mirada sobre el videojuego que lo reconoce como herramienta educativa.

El potencial de los SG es su naturaleza inmersiva, la cual mantiene la motivación de los estudiantes que van sorteando los desafíos propuestos por el juego y, sin ser conscientes de ello, pueden adquirir una serie de competencias.

Los SG pueden convertirse en una oportunidad de aprendizaje para el estudiante a partir de que el docente apueste a utilizarlos mediante el diseño de las diferentes sesiones de clase combinando su experiencia y las distintas propuestas de incorporación de diferentes investigaciones en el campo.

Pensados como una herramienta de entrenamiento y simulación los SG le ofrecen al jugador ser protagonista y sumergirse en un mundo ficticio en el que se le presentan obstáculos y problemas a resolver. Lo transporta virtualmente a situaciones que deberá resolver en el futuro en el mundo real.

Sin lugar a duda, la creación de SG requiere no sólo de programadores sino de grupos interdisciplinarios que trabajen conjuntamente sin perder el objetivo final: diversión, inmersión y aprendizaje.



***Stella Maris Massa***

smassa@fi.mdp.edu.ar

*Es Doctora en Ciencias Informáticas por la Universidad Nacional de la Plata (UNLP). Es Profesora Asociada con dedicación Exclusiva en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP). Es Directora del Grupo de Investigación en Tecnologías Interactivas de la Facultad de Ingeniería (UNMdP). Es Investigadora Principal de UCAECE. Es Co-directora de proyectos de investigación de la UNMdP. Es Asesora de proyectos relacionados con **Tecnologías Emergentes**. Es Directora de becarios y de varias tesis de Doctorado, Maestría y Especialización. Posee numerosas publicaciones en revistas, libros y reuniones científicas. Sus áreas de investigación son Tecnología educativa, Experiencia de usuario, Ingeniería de Software.*

## Referencias

- Adams Becker, S., Freeman, A., Hall, C., Cummins, M., and Yuhnke, B. (2016). *Reporte Horizont del NMC/CoSN: Edición 2016 K-12 Del Pre-Escolar al Grado 12*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Alvarez, J. & Michaud, L. (2008). *Serious Games – Advergaming, edugaming, training and more*. IDATE Consulting and Research.
- Aranda, D. y Sánchez-Navarro, J. (2010). *Aprovecha el tiempo y juega: algunas claves para entender los videojuegos*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.
- Baalsrud Hauge, J., Berta, R., Fiucci, G., Fernández Manjón, B. (2014). Implications of learning analytics for serious game design. In Proceedings of the 14th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). Athens, Greece.
- Blair, L. (2012). *The use of video game achievements to enhance player performance, self-efficacy, and motivation*. Doctoral Dissertation. University of Central Florida.
- Boinodiris, P. (2012). Playing to Win, Serious games for Business. In National Academy of Engineering's 2012 U.S. Frontiers of Engineering Symposium (pp. 105-112). General Motors at the GM Technical Center in Warren, Michigan.
- Bossolasco, M., Enrico, R. Casanova, A. y Enrico, E. (2015). *Kokori, un Serious Game. La perspectiva de los estudiantes ante una propuesta de aprendizaje innovadora*. Revista de Educación a Distancia, 45.
- Boyle, E., Hainey T., Connolly, T., Gray, G., Earp, J., Ott, M., Lim, T., Ninaus, M., Ribeiro, C., Pereira, J. (2016). An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and Educational Games". *Computers & Education*, 94, 178- 192.
- Connolly, T. M., Boyle, E. A., Mac Arthur E., Hainey T. y Boyle J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games an serious games. *Journal Computers & Education*, 52(2), 661-686. Elsevier. Filadelfia. Pensilvania, EEUU
- Consalvo, M. (2007). *Cheating. Gaining Advantage in Videogames*. Cambridge. MIT Press.
- Crawford, C. (2003). *Chris Crawford on game design*. New Riders, Indianapolis: EEUU.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York: Harper and Row.
- de Freitas, S. & Liarokapis, F. (2011) Serious Games: A New Paradigm for Education? In M. Ma, et al. (Eds), *Serious Games and Edutainment Applications* (pp. 9-23). UK: Springer.
- del Moral Pérez, M.E. (2013). Advergaming & edutainment: fórmulas creativas para aprender jugando. *Ponencia inaugural del Congreso Internacional de Videojuegos y Educación (CIVE, 2013)*. Cáceres, España.
- Ermi, L. and Mäyrä, F. (2005). Fundamental Components of the Gameplay Experience: Analysing Immersion. In Proceedings of the DiGRA conference *Changing views: worlds in play*. Vancouver, Canada.
- ESA. (2017). *Essential facts about the computer and video game industry: 2016 sales, demographic and usage data*. The Entertainment Software Association (ESA)

- Fanfarelli, J. & McDaniel, R. (2015) *Individual Differences in Digital Badging: Do Learner Characteristics Matter?* *Journal of Educational Technology Systems*, 43(4), 403–428.
- Fournier, H., Kop, R. & Sitlia, H. (2011), *The Value of Learning Analytics to Networked Learning on a Personal Learning Environment*. In 1st International Conference on Learning analytics and Knowledge 2011. Banff: Canada
- Frasca, G. (2009). *Juego, videojuego y creación de sentido. Una introducción. Comunicación*, 7, 37-44.
- Freire, M., Serrano-Laguna, A., Manero, B., Martínez-Ortiz, I., Moreno- Ger, P. , Fernández-Manjón, B. (2016). *Game Learning Analytics: Learning Analytics for Serious Games*. In *Learning, Design, and Technology* (pp. 1–29). Cham: Springer International Publishing.
- García Gigante, B. (2009). *Videojuegos: medio de ocio, cultura popular y recurso didáctico para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas escolares*. Tesis Doctoral. Madrid: Facultad de Formación de Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid.
- García Mundo, L., Vargas Enríquez, J., Genero, M. y Piattini, M. (2014). *¿Contribuye el Uso de Juegos Serios a Mejorar el Aprendizaje en el Área de la Informática? En Actas de las Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2014)*. Oviedo.
- González Tardón, C. (2006). *Emociones y Videojuegos*. En III Congreso Online-Observatorio para la cibersociedad. Conocimiento Abierto. Sociedad libre.
- González, C. y Blanco, F. (2008). *Emociones con videojuegos: incrementando la motivación para el aprendizaje*. *Revista electrónica teoría de la educación. Educación y cultura en la sociedad de la información*, 9, 69- 92.
- Greenfield, P. M. (1998). *The Cultural Evolution of IQ*. In U. Neisser (Ed.), *The Rising Curve. Long-Term-Gains in IQ and related Measures* (pp. 81-123). . Washington, DC: American Psychological Association,
- Hamari, J. & Koivisto, J. (2014). *Measuring flow in gamification: Dispositional Flow Scale – 2*. *Computers in Human Behavior*, 40, 133-143.
- Hartman, T. & Vorderer, P. (2010). *It's okay to shoot a character: moral disengagement in violent video games*. *Journal of Communication*, 60, 94-119.
- Hecker, C. (2010). *Achievements considered harmful? Conference presented at Game Developer's Conference. San Francisco, California*.
- Horizon Report. Johnson, L., Adams Becker, S., Gago, D. Garcia, E., & Martín, S. (2013). *NMC Perspectivas Tecnológicas: Educación Superior en América Latina 2013-2018. Un Análisis Regional del Informe Horizon del NMC*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Jenkins, H. (2009). *Confronting the challenges of participatory culture: Mediaeducation for the 21st century. White Paper. MacArthur Foundation*.
- Koster, R. (2013). *Theory of Fun for Game Design*. 2nd Edition. O'Reilly Media.
- Marcano, B. (2008). *Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital*. *Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 9(3), 93-105.
- McLuhan, M. (1994). *Comprender los medios de comunicación*. Barcelona: Paidós,
- Michael, D. & Chen, S. (2006) *Serious games: Games that educate, train, and inform*. Boston, MA.: Thomson Course Technology.
- Murray, J. (1999). *Hamlet en la holocubierta*. Barcelona: Paidós.

- Pérez Latorre, O. (2010). *Análisis de la significación del videojuego. Fundamentos teóricos del juego, el mundo narrativo y la enunciación interactiva como perspectivas de estudio del discurso*. Barcelona: Tesis doctoral. Barcelona: Universitat Pompeu Fabra.
- . *El lenguaje videolúdico. Análisis de la significación del videojuego*. España: Laertes.
- Polanco, A. (2005). La motivación en los estudiantes universitarios. *Actualidades investigativas en educación*, 2 (5), 1-13.
- Portnow, J. (2008). *The power of tangential learning [Mensaje en un blog]*. Recuperado de <http://www.edgeonline.com/blogs/the-power-tangential-learning>.
- Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill.
- Raffini, J. (1998). *150 Maneras de incrementar la motivación en la clase*. Buenos Aires: Troquel.
- Rocha V. R., Isotani S. y Bitencourt I. (2015). Análise, Projeto, Desenvolvimento e Avaliação de Jogos Sérios e Afins: uma revisão de desafios e oportunidades. En *IV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação e X Conferencia Latino Americana de Objetos e Tecnologias de Aprendizagem*. Maceió, Alagoas, Brasil.
- Ruiz Collantes, X. (2013). Juegos y videojuegos. Formas de vivencias narrativas». En C. Scolari, C. (Ed.) *Homo Videoludens 2.0: de Pacman a la gamification* (pp. 15-52). Barcelona / Santiago de Chile: Laboratori de Mitjans Interactius (LMI) / Universidad Mayor.
- Salen, K. y Zimmerman, E. (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*. The MIT Press.
- Scolari, C. (2013). *Homo videoludens 2.0. De Pacman a la gamification*. Col·lecció Transmedia XXI, Laboratori de Mitjans Interactius. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Serrano-Laguna, A., Torrente, J., Moreno-Ger, P. y Fernández-Manjón, B. (2014): Application of Learning Analytics in Educational Videogames. *Entertainment Computing*, 5(4), 313-322.
- Shernoff, D. J., Csikszentmihalyi, M., Schneider, B., & Shernoff, E. S. (2003). *Student engagement in high school classrooms from the perspective of flow theory*. *School Psychology Quarterly*, 18 (2), 158–176.
- Sherry, J. L. (2013). The challenge of audience reception: A developmental model for educational game engagement. In F. C. Blumberg & S. M. Fisch (Eds.), *Digital Games: A Context for Cognitive Development*. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 19, (pp. 11-20).
- Siemens, G. (2010). What are Learning Analytics? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.elearnspace.org/blog/2010/08/25/what-are-learning-analytics/>
- Susi, T., Johannesson, M. and Backlund, P. (2007). *Serious Games – An Overview*. *School of Humanities and Informatics, University of Skövde, Sweden, Technical Report HS-IKI-TR-07-001*.
- Tyner, K. (2008). *Breaking out and fitting in: Strategic uses of digital literacies by youth*. *ESRC Seminar Series on The educational and social impact of new technologies on young people in Britain*.
- Ulicsak, M. (2010). Games in Education: Serious Games-A Futurelab Literature Review. Executive summary. Recuperado de

[http://media.futurelab.org.uk/resources/documents/lit\\_reviews/Serious-Games\\_Review.pdf](http://media.futurelab.org.uk/resources/documents/lit_reviews/Serious-Games_Review.pdf)

- Urquidi, M. & Tamarit, C. (2015). Juegos serios como instrumento facilitador del aprendizaje: evidencia empírica. *Revista Opción*, 31(3), 1201 - 1220. Universidad de Zulia, Venezuela.
- Westera, W., Nadolski, R. & Hummel, H. (2014). Serious Gaming Analytics: What Students' Log Files Tell Us about Gaming and Learning. *International Journal of Serious Games*, 1, 35-50.
- Wittgenstein, L. (1953). *Philosophical Investigations*. NY: MacMillan
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25-32.



# **Proceso de selección de tecnología para el desarrollo de Serious Games**

## **1. Introducción**

En la industria del videojuego, no se encuentra establecida y consolidada una metodología que englobe todo el proceso de desarrollo y asegure la calidad del producto (González, 2010). Sin embargo, existen muchos esfuerzos por mejorar la fase de producción buscando optimizar las tareas, tratando de disminuir los tiempos con el fin de testear el producto en etapas tempranas del proyecto.

Esto se debe a que la industria del videojuego como tal posee más de 20 años de edad y, desde su nacimiento, se basó en un grupo reducido de desarrollos que se escribían desde cero, con muy pocos componentes reusables (Eike, 2008). Esta característica, limitante a la hora de sistematizar los procesos, no ha impedido su rápido crecimiento e incluso algunos de sus productos han recibido más presupuesto que superproducciones de Hollywood (Wolf y Perron, 2003), superando en varios aspectos el desarrollo de la ya tradicional industria del cine.

Como cualquier producto de software, el proceso productivo puede realizarse desde cero, usando librerías o mediante plataformas de desarrollo que para el caso particular de los videojuegos se denominan Game Engine (GE).

Coincidiendo con Thorn (2011), las funcionalidades mínimas de un “game engine” deben ser:

1. Administrar recursos (asset para nuestro caso)
2. Administrar el renderizado
3. Administrar la entrada de usuario
4. Administrar el audio
5. Módulo de manejo de errores
6. Administrador de escenas
7. Motor de física

Más allá de la discusión de qué es un motor de videojuegos, la mayoría de los autores coinciden en la utilización de los mismos, no sólo por las distintas capas de abstracción que brindan sino también porque permiten fuertemente la reutilización mediante el encapsulado de recursos (denominado en la industria como assets), facilitando el acceso a profesionales de otras áreas

para que trabajen en paralelo con el programador, permitiendo algunos la portabilidad entre distintas plataformas de hardware.

Los videojuegos son quizás el ejemplo actual más sofisticado y extendido, de producto de software con interacción persona-ordenador (IPO) de alto nivel. La IPO es una disciplina relacionada con el diseño, implementación y evaluación de sistemas informáticos interactivos. En este sentido, los videojuegos deberían diseñarse considerando los conceptos y metodologías propios de la IPO

El proceso de desarrollo se ha descrito en trabajos previos (Evans et al., 2016) proponiendo el Modelo de Proceso para el Desarrollo de Serious Games (MPDSG), maximizando el reuso tanto en el área de dominio como en la de producción, por lo que se describirá someramente en el presente trabajo a fin de situar al lector en la temática.

Dentro del MPDSG es de interés el correcto manejo de los recursos digitales o asset. Los assets son una representación electrónica de un medio de comunicación: texto, imágenes, sonidos o cualquier dato que pueda ser mostrado. Es importante indicar que un asset puede ser construido por varios assets (Fernández-Manjón 2007) (SCORM 2009).

Actualmente no puede identificarse en la industria del videojuego un asset estándar por lo que la construcción de los mismos está ligada al motor que se seleccione al principio del desarrollo. Aunque es cierto que con una buena administración del proceso se puede hacer uso del conocimiento adquirido, si se cambia de motor van a existir aumentos de costos mayoritariamente por pérdidas de tiempo debida a la generación del nuevo asset para el nuevo motor.

En los procesos de desarrollo de un videojuego la elección del lenguaje, librería o GE no debe ser tomada a la ligera si el objetivo es tener una colección de assets reutilizables. De hecho, Eike (2008) expresa que es muy común que los autores consideren la solución de arquitectura dada por hecho para su problema específico, sin justificar el proceso de decisión que guió su desarrollo, e indicando solamente preferencias personales.

En este artículo se describe el proceso de decisión llevado a cabo para la elección del GE para el desarrollo de videojuegos.

## **2. Modelo de selección de tecnologías**

Según Ford (1998), tener una estrategia sobre la tecnología es el núcleo de una empresa, ya que su capacidad está compuesta por lo que sabe y lo que puede hacer, más que los productos finalizados que posee o los mercados que atiende.

El MPDSG busca dar lineamientos no sólo en procesos de producción sino también establecer estrategias de reuso de conocimientos, como por ejemplo la obtención de una colección de assets comunes. En este punto existe

un problema intrínseco dentro de la industria del videojuego por la falta de estándar.

Para comprender la metodología es necesario precisar dos definiciones: la de proyecto y la de tecnología.

La definición de proyecto más aceptada y utilizada es la del Project Management Institute (PMI) en su PMBOK (2008), el cual define al proyecto como: “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”.

La definición de tecnología que indica la RAE es: “Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico. Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto”

La última definición es ambigua, ya que refiere a varios puntos de un proceso. Por esta razón se toma la clasificación propuesta por CEGESTI (2005):

- Tecnología de proceso. Conjunto organizado de métodos o procedimientos, técnicas, conocimientos de ingeniería y diseño, habilidades y experiencias aplicados al procesamiento de productos.
- Tecnología de equipo. Conjunto organizado de métodos o procedimientos, técnicas, instructivos de uso, conocimientos prácticos, y experiencias relacionadas con el diseño, fabricación y/u operación
- Tecnología de producto. Conjunto organizado de métodos o procedimientos, normas, técnicas, conocimientos aplicados, memorias de diseño y especificaciones, requeridos para desarrollar y producir un producto.
- Tecnología de operación. Conjunto organizado de métodos o procedimientos, técnicas, know-how, conocimientos prácticos y experiencias requeridos para organizar el trabajo y operar una planta o fábrica.

En nuestro caso solo se planteará la selección de Tecnología de proceso, puntualmente la que refiere a la de GE. La metodología propuesta para la selección es aplicable a cualquier otro tipo de tecnología.

Antes de abordar los lineamientos de la metodología propuesta cabe aclarar que el modelo MPDSG trabaja sobre la gestión de proyectos, con el motivo de mejorar los esfuerzos de sucesivos proyectos con características similares pero distintas. La reutilización de asset permite una gran reducción de tiempos entre proyectos. Pero la falta de interoperabilidad que tienen los mismos entre motores, hace que una correcta elección de la tecnología de proceso garantice al máximo aprovechar el reuso.

Previo a una adquisición de tecnología (González Sabater, 2009) se propone seguir las siguientes acciones:

1. **Identificar:** Identificación de la tecnología y el conocimiento necesario para la realización de un proyecto de innovación concreto.
2. **Buscar:** Búsqueda en el inventario de tecnología y conocimiento disponible en la empresa.
3. **Identificar:** Identificación de la tecnología y el conocimiento necesario y no disponible internamente.
4. **Analizar:** Análisis de las vías de obtención del conocimiento no disponible: Análisis, Desarrollo interno, Adquisición externa, Cooperación para el co-desarrollo conjunto con socios externos (alianza).
5. **Análisis:** de los proveedores y/o socios con los que colaborar.

Dentro de las metodologías de evaluación de alternativas tecnológicas nos encontramos con la que se propone en el Manual de transferencia y adquisición de tecnologías sostenibles (CEGESTI, 2005):

1. Se definen criterios de evaluación por utilizar, por lo general carácter técnico, carácter mercado, carácter de negocios y carácter económico.
2. Se examina la evaluación técnica.
3. Se valora la información y se elabora una matriz de costos.
4. Se construye una tabla que sintetiza las principales ventajas y desventajas de cada una.
5. Se realiza un análisis de consistencia comparándolas con las prioridades de la empresa y su objetivo.

Las metodologías propuestas para la selección de tecnología proceso (como el resto de las tecnologías) debe ser realizada al inicio del primer proyecto. Pero se vuelve imperativo realizarla cuando la tecnología no permite interoperabilidad entre las distintas opciones disponibles.

**Previo a la evaluación:** Desarrollar una tabla de objetivos, metas y prioridades de grupo de trabajo y de los proyectos (se puede utilizar el primer proyecto a realizar como representativo del resto), Identificar las necesidades tecnológicas para construcción, visualizar e identificar los conocimientos disponibles y no disponibles en el grupo de trabajo, analizar una adquisición externa o colaborar con una solución libre.

**Para la evaluación:** definir los criterios a evaluar, examinar las distintas fuentes de datos, valorar la información y realizar un FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), Verificar que los objetivos y metas concuerdan.

### **3. Desarrollo de un caso**

Para el desarrollo del presente trabajo se considerará la experiencia de producción de un SG en el marco de un proyecto seleccionado dentro de la edición 2015 del Programa “Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo”, acorde a lo indicado en la Resolución Ministerial N°117/15, dictada el 28 de diciembre de 2015. Dicho Programa pertenece a la Dirección Nacional de Desarrollo Universitario y Voluntariado de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación y Deportes de la Nación.

#### **3.1. Descripción de Objetivos y Metas**

Los objetivos del proyecto relevantes para este trabajo son:

- a) el diseño, la implementación y la evaluación de ambientes de aprendizaje enriquecidos con tecnologías emergentes que contribuyan al desarrollo de competencias.
- b) Validar los principales criterios y procedimientos de evaluación que permitan verificar si los estudiantes han adquirido las competencias asignadas.

El proyecto de investigación plantea la creación de varios SG, e incluye objetivos de corto y largo plazo. Relevantes para el presente trabajo son: Desarrollar un grupo de juegos para alumnos de 4° año secundario, destinado al aprendizaje de conceptos relativos al uso racional, eficiente y consciente de la energía. Los SG tienen que tener la calidad y la inmersión de un juego comercial. El SG debe tener balanceado la inmersión y la jugabilidad. Los objetivos pedagógicos son seleccionados por docentes del área y las experiencias de aprendizaje deben ser analizadas por expertos en el tema de energía. Los SG deben incluir: monitoreo de las actividades de los alumnos y mecanismos de validación de las capacidades a desarrollar, debiendo además permitir su uso en el aula y fuera de la misma. Se piensa en un juego unipersonal que presente el progreso a lo largo del juego y que resulte apto para ser utilizado en las computadoras del Programa Conectar Igualdad. El objetivo es lograr un prototipo funcional dentro del primer año del proyecto. Los desarrollos que se generen se deben publicar con licencias libres.

#### **3.2. Identificar las necesidades tecnológicas para la construcción**

Como se especificó anteriormente se realizará el proceso de selección sobre tecnologías de proceso de elección de un GE. Pero cabe recordar que el mismo se puede aplicar al resto de las tecnologías usadas, tales como programas de diseño vectorial, diseño de bitmap, modeladores 3D o editores de sonido, entre otros.

### **3.3. Conocimientos del grupo de trabajo**

Al inicio del desarrollo el grupo estaba compuesto por un game designer, un ingeniero de conocimiento, un encargado de producción, dos codificadores, un músico, un diseñador, y algunos colaboradores. Dentro de los colaboradores los más significativos son docentes, expertos en energía y gamers (personas expertas en el uso de videojuegos).

Dentro del grupo se cuenta con conocimiento en desarrollo de videojuegos 2D, manejo de varios lenguajes de codificación, amplios conocimientos de desarrollo de proyectos de software, se sabe que es lo que se quiere transmitir y experiencia en enseñanza de la generación, conservación y ahorro de la energía, manejo de distintas mecánicas de videojuegos.

Las carencias se ubicaban sobre todo en el desarrollo de videojuegos en 3D y el escaso conocimiento de los game engine para 3D disponibles.

### **3.4. Productos externos**

Se buscaron motores de videojuego generales, es decir no asociadas a un género de videojuego en particular.

Los motores que se evaluaron fueron seleccionados luego de consultas informales a diferentes desarrolladores de videojuegos argentinos (El Unity3D y el Unreal). También se buscó un motor que tuviera la misma o similar licencia que se pretendía alcanzar con los productos, resultando elegido el Godot, desarrollo nacional de alta calidad que se asemeja a los desarrollos comerciales.

### **3.5 Evaluación de los *game engine***

#### ***Criterios a evaluar***

Características excluyentes:

- Funcionamiento en computadoras del Programa Conectar Igualdad.
- IDE (Integrated Development Environment o Entorno de desarrollo integrado) simple para que no informáticos puedan trabajar.
- Manejo de modelos 3D.
- Empleo de física básica y colisiones.
- Administración y uso de sonido multipista y ejecución de sonido por eventos.
- Permitir interacción con teclado y mouse.
- Funcionamiento en distintas configuraciones de hardware.

Características deseables a futuro:

- Facilidad de migrar a navegadores (JavaScript + HTML5, sin plugins).
- Manejo de animaciones.

- Utilización de cámaras.
- Portabilidad a dispositivos móviles.
- Permitir el uso de física compleja.
- Editor de niveles.
- Multijugador.

Criterios de evaluación:

- Especificaciones básicas.
- Características excluyentes.
- Características deseables.
- Funcionalidades extras.

Cantidad y facilidad para agregar Assets de terceros:

- Nivel de Portabilidad.
- Licencias.
- Capacitaciones en la zona de Mar del Plata.

### **3.6. Fuentes de datos**

Las fuentes de datos consultadas fueron:

1. [www.unrealengine.com](http://www.unrealengine.com)
2. <https://unity3d.com/es>
3. <https://godotengine.org>
4. <https://www.slant.co/>
5. <http://forum.unity3d.com/>
6. <https://forums.unrealengine.com/>
7. <https://godotengine.org/qa/tag/forum>

## **4. Resultados obtenidos**

### **Valoración de los puntos a evaluar.**

Para realizar la Tabla de evaluación se utilizó cada uno de los criterios indicados en el punto anterior y se les otorgó una ponderación con respecto a la importancia sobre el proyecto. Posteriormente se buscaron las características relevantes dentro de cada criterio a evaluar y se le asignó un puntaje por su peso relativo dentro del mismo.

En las tablas de selección y ponderación (Tablas 1 y 2) se puede observar el formato utilizado para la evaluación. En la primera columna se encuentran los criterios a evaluar y en la segunda las características relevantes.

**Tabla 1- Cuadro de ponderación I**

Características		Coeficiente	Unity3D	Unreal	Godot	Observaciones
Especificaciones básicas	Lenguaje	0	C#, UnityScript, BOO	C++	C++	
	Lenguajes de codificación de assets	0	C#, UnityScript, BOO	C++, C#, Cg, UnrealSc	C++, GodotSc	
	Plataforma de desarrollo (IDE)	25	80%	70%	100%	Debe tener soporte Win, OSX, Linux. Sobre todo Linux
	Desktop targets	30	100%	100%	100%	Debe soportar las plataformas de conectar igualdad. Win y Linux
	Otras targets	25	100%	100%	100%	Buen soporte para Android y HTML5
	Trabajo grupal	20	50%	75%	100%	Uso del git como plataforma colaborativa
	<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>85%</b>	<b>87,5%</b>	<b>100%</b>	
Características excluyentes	Funcionamiento en maquinas conectar igualdad	20	100%	100%	100%	
	IDE simple	15	100%	100%	100%	Debe poder ser usada por no programadores
	Modelos 3D	10	100%	100%	100%	Soportar los modelos de 3dMax, Blender y Maya.
	Física Básica y Colisiones	10	100%	100%	100%	Debe permitir manejar gravedad y colisiones.
	Manejo multipista sonido	5	100%	100%	50%	Debe tener un mixer. Godot lo permite pero de manera programatica
	Interacción de teclado y mouse	10	100%	100%	100%	
	Funcionamiento con varias configuraciones de hardware	20	100%	100%	50%	Debe soportar OpenGL y Nvidia PhysX, Godot solo soporta OpenGL.
	Manejo de esqueleto de los modelos	10	100%	100%	100%	Debe permitir manejo de esqueletos para movimiento de modelos
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>87,5%</b>		
Características deseables	Compilar a HTML5 sin plugins	20	100%	100%	100%	
	Manejo de animaciones	20	100%	100%	100%	
	Manejo de Camaras	20	100%	100%	100%	
	Portabilidad de a mobiles	10	100%	100%	100%	
	Manejo de fisica compleja	10	100%	100%	25%	En el godot, no contiene funciones simples para realizarlas

**Tabla 2- Cuadro de ponderación II**

	Editor de niveles	15	100%	100%	100%	
	Multijugador	5	100%	100%	100%	Todos traen funciones para armar esquemas multiplicador.
	<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>92,5%</b>	
Funcionalidad extras	Codificación gráfica	10	75%	100%	0%	Unity lo tiene mediante plugins. Godot esta en desarrollo
	Profile	20	25%	100%	100%	Unity tiene uno muy bueno pero en la versión pro
	Documentación apropiada y ejemplo	30	100%	50%	75%	
	Foros	10	100%	100%	100%	
	Soporte	20	100%	100%	50%	El soporte comercial todavía no lo tiene godot
	<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>72,5%</b>	<b>75%</b>	<b>62,5%</b>	
Asset de terceros	Market	20	100%	100%	0	No tiene un market formal
	Instalar automáticamente desde github	20	0%	0	100%	
	Empaquetamiento de assets e instalación manual	40	100%	0	100%	Unreal se presume potente (por lo que se ve en market) pero imposible evaluar por no encontrar documentación clara
	<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>60%</b>	<b>20%</b>	<b>60%</b>	
Licencias	Cosibs	50	Gratis hasta 100mil dólares de ingreso de la compañía o empresa que desarrolla el videojuego	Gratis hasta los primeros 3000 dólares después 5% de beneficio	Gratis	Todos los casos es como el producto es educativo, la licencia es gratuita.
	Han cambiado y puede cambiar su situación de licenciamiento	50	Si	Si	No	
	<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>	
Capacitaciones	Conocimiento por el grupo de desarrollo	30	25%	0	0	
	Uso en la industria de Mar del Plata	20	80%	0	20%	
	Posibilidades de capacitación	50	100%	0	25%	
	<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>73,3%</b>	<b>0%</b>	<b>16,5%</b>	
<b>TOTAL</b>			<b>82,18%</b>	<b>58,5%</b>	<b>66,58%</b>	

El campo total encontrado en cada uno de los criterios indica la ponderación relativa al proyecto y el resultado de cada producto (expresado en porcentaje) sobre las características.

Al final de la Tabla 2 se encuentra otro campo total (pintado de negro) que indica el resultado de la suma de todos los totales de las características previas multiplicación por su coeficiente de ponderación.

Se observa, a partir del resultado de la valoración realizada, que el motor que más se acerca a las necesidades del proyecto es el Unity3D.

Una vez realizada la tabla de evaluación se debe realizar un FODA de cada producto para completar el análisis. En el presente caso los distintos

FODA no registraron elementos significativos que generaran un cambio de parecer con respecto a la evaluación presentada en la Tabla de evaluación.

### **FODA**

De la selección realizada en el punto anterior realizaremos un FODA del Unity3D

#### • **Fortalezas:**

- Buena documentación con una cantidad de ejemplos.
- Buen IDE
- Permite un prototipado rápido.
- Popular en la zona.
- Cursos de capacitación en la zona.
- La empresa está interesada en la zona.
- Para codificar, el juego ofrece una variedad de códigos.
- Se le han incorporado las últimas mejoras de hardware gráfico.
- Tiene incorporados todos los periféricos, tanto los clásicos como el mouse y el teclado, hasta acelerómetros y cascos de realidad virtual.

#### • **Debilidades:**

- IDE para Linux en desarrollo (demasiados bugs)
- Las prácticas de codificación que fuerza el motor no son a las que está acostumbrado el equipo.
- Mal manejo de grupos de desarrollo (En el sitio permiten mejorar esta parte). Igualmente la compatibilidad con git es buena.
- El proyecto vacío o recién creado compilado es muy grande para android o HTML5
- Pocas herramientas para detección de errores y problemas de performance en la versión gratuita.

#### • **Amenazas:**

- Cambios de versión, Unity suele cambiar las API de versión a versión y no suele traer un migrador de assets. Por lo que aunque los cambios no son muchos hay que realizarlos si se quiere pasar de versión.
- Cambios de licenciamiento. Unity está cambiando cada año el formato de licenciamiento. Aunque para uso académico o generación de contenido académico, siempre se ha mantenido gratuito.

#### • **Oportunidades:**

◦ La industria marplatense interesada en generar mano de obra con conocimientos Unity.

◦ La empresa pretende generar varios eventos dentro de la ciudad

***Validación con respecto a los objetivos y metas.***

De los objetivos del proyecto que son explorar y analizar iniciativas educativas innovadoras de integración de la tecnología en ambientes de aprendizaje y diseñar, implementar y evaluar ambientes de aprendizaje enriquecidos con tecnologías emergentes que contribuyan al desarrollo de competencias, se considera que el Unity es un muy buen producto como para realizar las distintas iniciativas por su versatilidad, su rápido prototipado y sus costos.

Con respecto a las metas del proyecto particular SG, el Unity cumple perfectamente con:

- Los SG tienen que tener la calidad y la inmersión de un juego comercial
- Es uno de los motores que se utilizan en la actualidad en la zona para realizar juegos de alta calidad.
- Las licencias son flexibles.
- El entorno permite llegar a un producto rápidamente con los conocimientos que tiene el equipo de trabajo.
- Se puedan usar en las computadoras de conectar igualdad.
- Permite que el producto se compile para varias plataformas.
- Se debe jugar en forma individual y se le debe indicar formas de progreso.
- Esto lo realiza en forma nativa, también cuenta con herramientas para facilitar el multiplayer.
- Permite el desarrollo de videojuegos en 3D.
- Es uno de los mejores motores 3D del mercado.
- Tener un prototipo de un programa dentro del primer año de desarrollo.

***Validación con respecto a los objetivos y metas***

En relación con los objetivos del proyecto que son explorar y analizar iniciativas educativas innovadoras de integración de la tecnología en ambientes de aprendizaje y diseñar, implementar y evaluar ambientes de aprendizaje enriquecidos con tecnologías emergentes que contribuyan al desarrollo de competencias, se considera que Unity es un muy buen producto que permite realizar las distintas iniciativas por su versatilidad, su rápido prototipado y sus costos.

Asimismo, Unity3D satisface plenamente las metas del proyecto particular SG.

## **5. Conclusiones y discusión abierta**

En el presente capítulo se ha presentado y ejemplificado un proceso sistemático de selección de tecnología de producción crítica para la creación de SG, necesaria al inicio del uso del MPDSG.

El proceso descrito permite evaluar las tecnologías asociadas a la producción de videojuegos y visualizar mejor el futuro próximo para realizar una elección que permita reducir costos.

Debería trabajarse en los estándares de desarrollo de assets para disponer de mayor libertad, dentro de las factorías de videojuegos, a la hora de usar un motor sin perder los componentes creados.

---

## **Referencias**

- CEGESTI (2005). Guillermo Velásquez, Colab. Enrique Medellín, Colab.. – Manual de transferencia y adquisición de tecnologías sostenibles - San José, Costa Rica, 2005.
- Eike Falk Anderson, Steffen Engel, Leigh McLoughlin & Peter Comminos, The case for research in game engine architecture. En Future Play '08 Proceedings of the 2008 Conference on Future Play: Research, Play, Share, páginas 228-231. Publicado por ACM New York, NY, USA 2008, ISBN: 978-1-60558-218-4
- Evans Felipe, Spinelli Adolfo Zapirain Esteban, Massa Stella Maris, Soriano Fernando (2016). Proceso De Desarrollo De Serious Games. Diseño Centrado En El Usuario, Jugabilidad E Inmersión. CADI Resistencia 2016.
- Fernández-Manjón, B., Moreno-Ger, P., Sierra, J.L. Y Martínez-Ortiz, I. (2007). Uso de estándares aplicados a TIC en Educación. Informe No 16. Instituto de Tecnologías Educativas (ITE) Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa (CNICE), Madrid: Ministerio de Educación. España.
- Ford, David. Develop Your Technology Strategy, Long Range Planning, Vol. 11, No. 5, pp. 85 to 95, 1988.
- González Sabater, J. (2009). Manual de transferencia de tecnología y conocimiento. Alicante, España: GS. Project Management Body of Knowledge2 (PMBOK® Guide, 2008).
- González Sánchez, J. L. (2010). Jugabilidad: Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos. Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- Scorm 2004 4th Edition Specification (2009). Disponible en <http://www.adlnet.gov/capabilities /scorm/scorm-2004-4th>. Recuperado el 30 de marzo de 2016.
- Thorn Alan (2011). Game Engine Design and Implementation. Publicado por: Jones & Bartlett Learning.
- Wolf, J. P. y Perron, B. (2003). The Video Game Theory Reader. Nueva York: Routledge, Taylor & Francis Group, Inc.



**Felipe Evans**

fevans@fi.mdp.edu.ar

*Es Ingeniero Electrónico por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP). Se encuentra cursando la Maestría en Ingeniería en Software de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Es Profesor Adjunto con dedicación exclusiva en la asignatura Redes de Datos, Facultad de Ingeniería (UNMdP). Es integrante del Grupo de investigación en Tecnologías Interactivas (GTI) de la Facultad de Ingeniería de la UNMdP. Es usuario y divulgador de tecnologías como GNU/Linux y otras herramientas GPL. Sus áreas de investigación están relacionadas con Redes, Seguridad Informática, Servicios de redes y Videojuegos.*

---

**Carlos Rico**

crico@crico.com.ar

*Es Licenciado en Sistemas de Información por la Universidad Nacional de Luján (UNL). Se encuentra cursando la Maestría en Ingeniería en Software de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Es Profesor Adjunto con dedicación exclusiva de las Asignaturas Computación y Seguridad Informática, Facultad de Ingeniería (UNMdP). Es integrante del Grupo de investigación en Tecnologías Interactivas (GTI) de la Facultad de Ingeniería de la UNMdP. Se desempeña como Subsecretario de Gestión de la Información (UNMdP).*





# **Modelo de Proceso de un Serious Game**

## **1. Introducción**

La mayoría de los videojuegos educativos han sido desarrollados poniendo mayor énfasis en el aspecto educativo que en el lúdico, perdiendo la eficacia por olvidar en su diseño la jugabilidad e inmersión (Gros, 2009 y González Sánchez, 2010). Sin embargo, la diversión en un videojuego no es un ingrediente que se incluye en él, es la parte esencial para que sea un juego. Es la característica principal del juego para que sea voluntario.

El objetivo de este proceso es poder balancear desde la fase de desarrollo la dimensión inmersión y la dimensión educativa.

En el desarrollo del juego se encuentran problemas en varias sub-dimensiones:

- 1) Hardware,
- 2) Diseño y Elicitación,
- 3) Gestión del desarrollo,
- 4) Publicación del juego,
- 5) Factor diversión
- 6) Mantenimiento y mejora.

En particular, por tratarse de un Serious Game (SG) corresponde incorporar las siguientes sub-dimensiones:

- 1) Inclusión en la etapa de desarrollo de los objetivos de aprendizaje planificados.
- 2) Posibilidad de evaluar el grado de avance del jugador en relación con los objetivos de aprendizaje.

Para poder gestionar correctamente estos problemas y/o riesgos es preciso utilizar correctamente los procesos de desarrollo de videojuegos.

## **2. Procesos de Desarrollo de Videojuegos**

En la industria de los videojuegos, a diferencia de otras industrias del software, no hay establecidas metodologías de desarrollo estándar que engloben todo el proceso de desarrollo y asegure su calidad (González Sánchez, 2010). A pesar de esto se pueden encontrar en la literatura muchos esfuerzos por mejorar la fase de producción buscando optimizar las tareas desde una

óptica de agilidad, tratando de disminuir los tiempos para lograr testear el producto lo antes posible.

El desarrollo de videojuegos consta de tres fases, de forma análoga a una película de cine: pre-producción, producción, y post-producción (González Sánchez, 2010; Rollings y Morris, 2003; Callele et al., 2005 y Bethke, 2003). Con algunas diferencias según el autor respecto de que actividades pertenecen a cada fase, en general se mencionan:

- 1) Fase de pre-producción: Se desarrolla el diseño conceptual y se definen aspectos no tangibles o poco elaborados, que luego se utilizarán para la especificación y planificación del videojuego. Un entregable de esta fase podría ser la versión de diez páginas del documento de diseño del videojuego (GDD) propuesto por Rogers (2010).
- 2) Fase de producción: El esfuerzo se centra en el diseño y construcción del videojuego, finalizando con el lanzamiento del producto. Durante esta fase se va actualizando y detallando el GDD hasta llegar a su versión final (Rogers, 2010).
- 3) Fase de post-producción: Corrección de errores, ajustes y mejoras.

Estas fases se tienen en cuenta para cualquier metodología de desarrollo de videojuegos. Entre ellas pueden mencionarse las siguientes: Cascada, Cabal y Metodologías ágiles. Dentro de estas últimas cabe incluir a GUP (*Game Unified Process*); XGD (*Extreme Game Development*) y SUM.

### **Proceso de desarrollo en cascada (Game Waterfall Process - GWP)**

El proceso de uso en cascada para juegos fue introducido en la literatura por Flood (2003), aunque era un método que hasta fines de los '90 era muy utilizado por los desarrolladores. Es una adaptación del proceso en cascada utilizado en ingeniería de software, donde a la etapa de requerimiento se le agrega en concepción, la especificación del juego, el libro de arte y las especificaciones técnicas deseadas. A las etapas de diseño y desarrollo, se le agregan las etapas de desarrollo de arte y sonido. Mientras que en la etapa de calidad o testeo se agrega el concepto de testeo de jugabilidad.

En términos de desarrollo hay que cumplir cada etapa para pasar a la siguiente. Algunos defectos de esta metodología es que el equipo de prueba no ve el producto hasta después de que los desarrolladores cumplan con los hitos de desarrollo. En algunos casos, los productores o dueños de juegos no acceden al juego hasta que los testers completan su tarea.

Esta metodología permite que los testers y los productores puedan solicitar cambios en pos de la jugabilidad o el arte que resulten en cambios profundos en el desarrollo, pudiendo ocasionar problemas al proceso ya que estos cambios suelen ser solicitados en etapas muy tardías, poniendo en riesgo los tiempos de desarrollo.

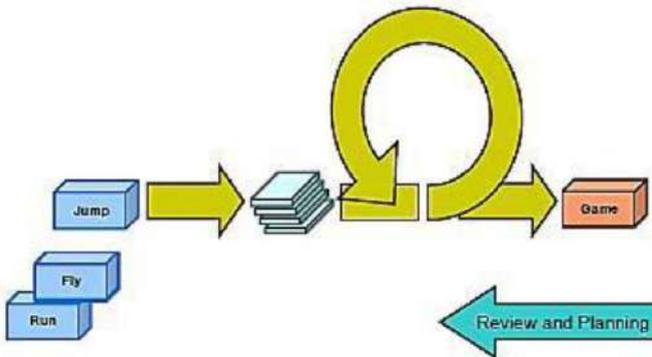
## **Procesos Cabal (Cabal process)**

Este proceso fue desarrollado por Valve (2006) para la creación de Half-Life. Pone el acento en el área de diseño, ya que poco se indica del proceso en el resto de las fases. Se generan grupos de trabajo para el desarrollo de documentación de diseño llamados “Cabal” y otros “mini Cabal” para problemas menores. Los grupos Cabal son grupos multidisciplinarios y se van rotando. No existe un game designer sino que es un grupo multidisciplinario el que toma la determinación del desarrollo del juego. También determina lineamientos para el funcionamiento de estos procesos Cabal (Birdwell, 1999 y Valve, 2006).

## **Procesos de desarrollo con metodologías ágiles**

El objetivo de utilizar Procesos Ágiles y Scrum (Keith, 2007) es el de poder recibir feedback del usuario e involucrar al equipo de test lo antes posible dentro del ciclo de desarrollo. El concepto de Keith se basa en realizar un gran esfuerzo inicial para obtener una versión básica del producto, sobre la cual ya se pueda testar y obtener feedback, a partir del cual se mejora y completa el producto en siguientes iteraciones (Figura 1).

Cuando los videojuegos entran en la etapa del testeo de su jugabilidad suelen sufrir grandes cambios de requerimientos (Flood, 2003), por lo que, llegar rápidamente a esta etapa permite reducir el riesgo de los cambios de requerimientos.



**Figura 1 - Modelo de Keith para la producción de videojuegos. Tomado de Keith (2007)**

Es por estas razones que las metodologías ágiles son un proceso ampliamente utilizado para la gestión de videojuegos y esto se visualiza en la gran cantidad de adaptaciones encontradas en la literatura sobre el desarrollo

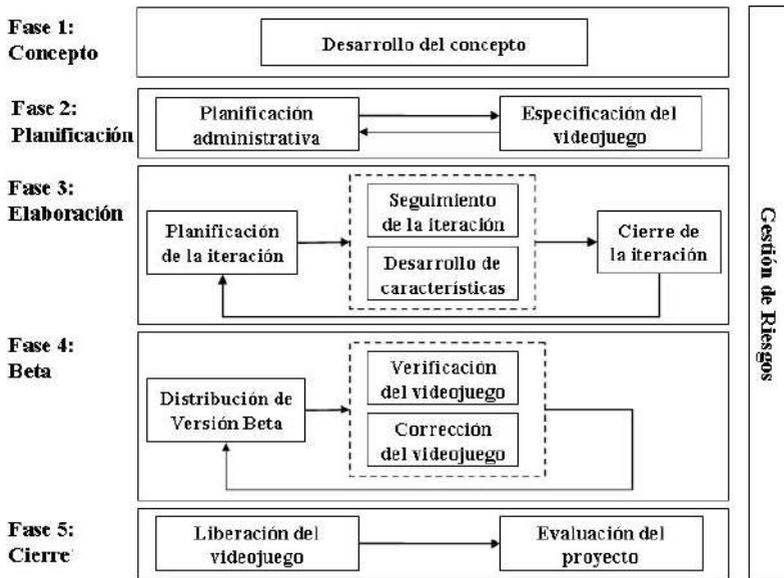
de juegos. Dentro de éstas las más conocidas o mencionadas son GUP (*Game Unified Process*) y XGD (Extreme Game Development), correspondiéndole una mención especial a SUM ya que presenta un alto grado de formalización, con flujos de trabajo bien definidos, siendo algo más que una guía de buenas prácticas, como las metodologías anteriores.

GUP (Flood, 2003): El Game Unified Process toma como base la metodología RUP (Rational Unified Process) para aprovechar la comunicación de los equipos y el desarrollo iterativo, incorporando la Programación Extrema (Beck, 1999), que permite agilizar las tareas de desarrollo.

XGD presenta los mismos lineamientos que XP ya que es una metodología que pretende solucionar algunos problemas relacionados con los videojuegos tales como, la muy rápida evolución de la tecnología; los frecuentes cambios de ideas de los productores o publicadores y la intención de maximizar el factor diversión o la jugabilidad mediante testeo.

Del mismo modo que el XP, el XGD trata de mantener la simpleza, la comunicación y el feedback, pero le agrega el user story para la identificación de requerimientos, descripción del juego y testeos a realizar. Otro agregado es un fuerte manejo de assets, mediante alguna política bien definida de gerenciamiento.

Acerenza et al. (2009), establecen que la industria de videojuego en Uruguay tiene muchos casos de éxito con variaciones de SCRUM y XP, aunque no existen las formalizaciones de estas técnicas. Es por eso que proponen una metodología de desarrollo de videojuegos denominada SUM, que va más allá de una simple guía, estableciendo pautas y herramientas. En la Figura 2 se muestra un resumen de la metodología SUM.

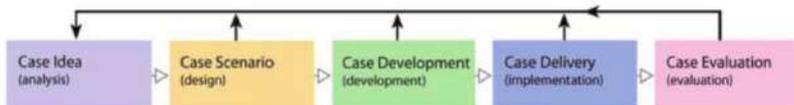


**Figura 2- Fases de la metodología SUM.**  
Tomado de Acerenza et al. (2009)

## 2.1. Procesos de Desarrollo de Serious Games

Existen varios procesos de Desarrollo de SG, a continuación se describen algunos de ellos:

a) EMERGO (Nardolski, 2008): Esta metodología y sus herramientas (Figura 3), guía el desarrollo de SG basados en escenarios. Los autores definen este tipo de juegos como un entorno simulado de tareas modeladas sobre situaciones de la vida real que a menudo incluyen una secuencia de aprendizaje, la toma de decisiones, estrategias de resolución de problemas, razonamiento inteligente y otras habilidades cognitivas complejas. Sin embargo no está basado en el DCU como para garantizar los requisitos buscados.



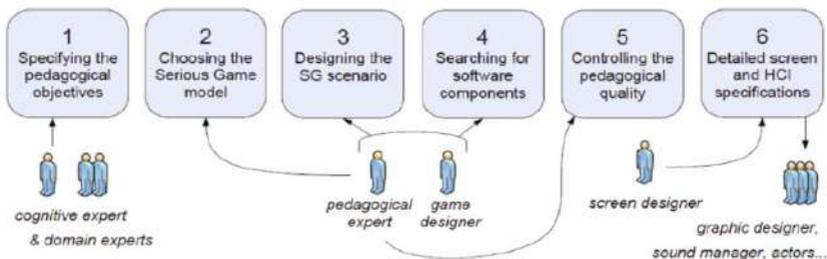
**Figura 3- Modelo EMERGO.** Tomado de Nardoski (2008)

b) EdoS – Environment for the Design of SG (Patternó, 1997): Es un proceso basado en un formato interactivo, definido en base a tres modelos

predecesores que permiten diseñar SG para la enseñanza de competencias relacionadas con la ingeniería.

Estos modelos son: 1) Modelo de objetivos pedagógicos; 2) IMS-LD-SG, una extensión de IMS-LD (IMS, 2003) para SG y 3) un modelo de tareas CTT (Conciur Task Tree). Este proceso se centra en la componente pedagógica, dejando de lado la jugabilidad y la inmersión que se busca en los SG actuales.

c) Proceso de diseño de Seis Pasos (Marfisi-Schottman, 2010): Se aplica en el desarrollo de SG para la enseñanza de competencias profesionales. Como los anteriores, primero se definen los objetivos pedagógicos, pero el diseño del juego se basa en prototipos de baja fidelidad (Figura 4). Se proponen evaluaciones, pero sólo de los escenarios pedagógicos, no del juego ni de su jugabilidad.



**Figura 4- Proceso de diseño de seis pasos.**  
**Tomado de Marfisi-Shottman (2010)**

d) Proceso de Diseño de Videojuegos para Sistemas VGSCS (Padilla Zea, 2011): método incremental de diseño de videojuegos educativos con actividades colaborativas basado en los principios de la ingeniería de software. Tiene dos objetivos, proporcionar a los profesores una herramienta para que los alumnos alcancen los objetivos educativos de manera atractiva y proveer un sistema de monitoreo del proceso de aprendizaje que llevan adelante los alumnos.

Dada la complejidad de la herramienta propuesta por la autora, los diferentes modelos se dividen en 4 grupos:

- modelos para definir y monitorear el proceso educativo
- modelos para definir y monitorear el contenido lúdico
- modelos de relación entre contenidos lúdicos y educativos
- modelos de usuario para monitorear el proceso de aprendizaje de los alumnos.

Estos procesos de desarrollo han sido creados para que los docentes generen sus propios SG. Para ello, se les provee de una serie de herramientas que les permitan construir por sí mismos o con costos razonables este tipo de videojuegos. Lamentablemente esto se logra sacrificando el nivel de inmersión, pues al primar el objetivo pedagógico, éste queda plenamente visible restando jugabilidad.

Resolver esta falencia implica el desarrollo de un SG con la inmersión de un videojuego comercial, donde los objetivos pedagógicos estén implícitos en el producto. Para ello es preciso hacer uso de los procesos de desarrollo creados para los videojuegos comerciales.

Como el SG, en cuanto al proceso de desarrollo no se diferencia de otros videojuegos salvo en su especificación (donde a los requerimientos del software y del juego, se suman los requerimientos pedagógicos), se debe proponer un proceso de elicitación que permita la construcción de un SG sin importar el tipo o el contenido y prestando especial atención a la inmersión, los objetivos pedagógicos y el área de conocimiento del videojuego.

En este sentido, puesto que los SG se deben crear a partir de requerimientos tanto tecnológicos como educativos y son un producto en el que el usuario o jugador tiene un rol relevante, deberían ser diseñados siguiendo los principios del diseño centrado en el usuario (DCU).

## **2.2. Modelos de Proceso para el desarrollo de software educativo centrado en el usuario**

Según Granollers (2004) "serán los usuarios, en su condición de personas que utilizan los sistemas interactivos con la finalidad de conseguir determinadas tareas y no los técnicos informáticos y/o los diseñadores, quienes decidirán cuando un sistema es fácil de utilizar o no lo es, lo cual establece, en definitiva, la calidad percibida de dichos sistemas".

El mismo autor aclara, no confundir "implicar al usuario en el diseño del sistema" con "realizar el diseño del sistema pensando en el usuario". Es por ello que se considera en el presente trabajo, que, ante el desarrollo de sistemas interactivos donde la jugabilidad y la inmersión son claves, no se debe relegar la participación del usuario y convertirlo junto a otros stakeholders en el foco de atención durante todo el proceso de desarrollo. En ello consiste el Diseño Centrado en el Usuario (Granollers, 2004).

El DCU es un proceso cíclico (Figura 5) en el que las decisiones de diseño están dirigidas por el usuario y los objetivos que pretende satisfacer el producto y la usabilidad del diseño es evaluada de forma iterativa y mejorada incrementalmente (Montero, 2009). Nadie como los stakeholders (usuarios y expertos) para entregar especificaciones y requerimientos (sobre jugabilidad

en caso de videojuegos), como así también para evaluar los resultados del diseño (Granollers, 2004).

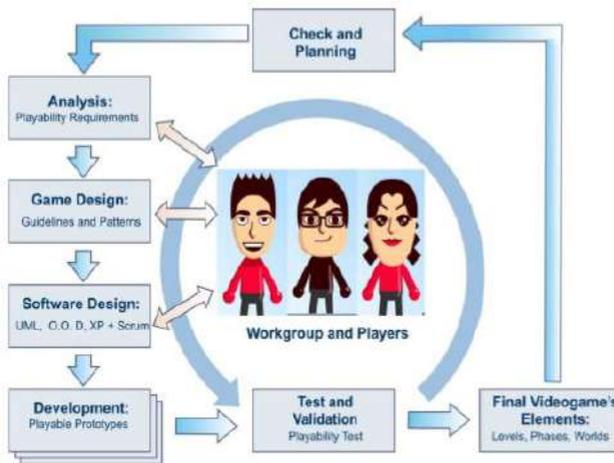


**Figura 5- Modelo de proceso DCU. Tomado de Yusef et al. (2009)**

El DCU, también puede ser visto como una filosofía de diseño que se relaciona con otras metodologías y técnicas que comparten un objetivo común: conocer y comprender las necesidades, limitaciones, comportamiento y características del usuario, involucrando en muchos casos a usuarios potenciales o reales en el proceso (Montero, 2009).

Entre los numerosos ejemplos de Modelos de Proceso que incorporan herramientas del DCU, resulta oportuno centrarse en dos casos: Modelo de diseño de videojuegos centrado en el jugador y Modelo de Proceso para el desarrollo de Objetos de Aprendizaje (MPOBA) (Massa, 2012).

a) El Modelo de diseño de videojuegos centrado en el jugador (González Sánchez, 2010), es un proceso que considera la usabilidad, accesibilidad y calidad de uso, incluye el desarrollo del producto usando prototipos incrementales de forma iterativa (Figura 6) y en el que se resalta que es crucial conocer a los jugadores y establecer un perfil de los mismos tomando como base la jugabilidad durante todo el proceso de desarrollo.



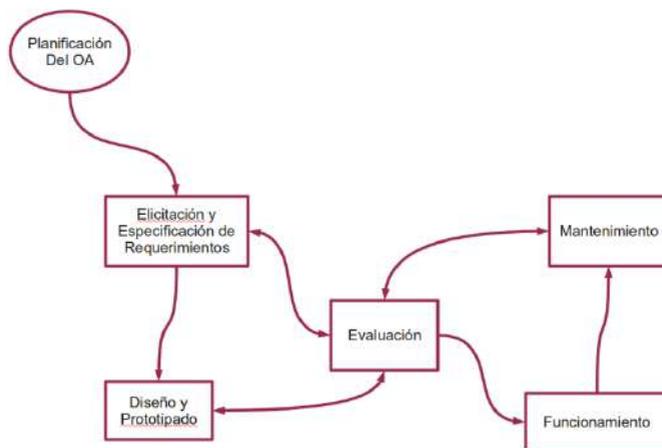
**Figura 6- Modelo de diseño de videojuegos centrado en el jugador.  
Tomado de González Sánchez (2010)**

b) MPOBA (Massa, 2012): El Modelo de Proceso contempla en cada una de sus fases iterativas los aspectos tecnológicos y pedagógicos de un Objeto de Aprendizaje (OA).

Un OA es considerado como una unidad independiente que engloba el objetivo de aprendizaje con los contenidos involucrados en éste, las actividades diseñadas para alcanzar dicho objetivo y una evaluación de los saberes referidos al mismo (Massa, 2012).

El modelo provee de una serie de criterios de valoración de un OA de acuerdo a las funcionalidades, los estándares y el contexto educativo de implementación.

En el modelo MPOBA se han caracterizado y seleccionado las técnicas pertenecientes al campo de la Interacción Persona-Ordenador (IPO) según criterios relevantes para la integración desde una perspectiva de la Ingeniería de Software. Está organizado en una serie de fases que se ejecutan repetidamente durante el desarrollo de un OA determinado (Figura 7). Es de particular importancia en el contexto de esta investigación el concepto de *asset*, pues es el bloque básico de construcción de un recurso de aprendizaje. Los *assets* son una representación electrónica de un medio de comunicación: texto, imágenes, sonidos o cualquier dato que pueda ser mostrado en el OA. Resulta relevante indicar que un *asset* puede ser construido por varios *assets* (Fernández-Manjón et al, 2007 y SCORM, 2004).



**Figura 7- Modelo de Proceso para el desarrollo de Objetos de Aprendizaje (Massa, 2012)**

### 2.3 Líneas de Producto de Software

Las Líneas de Producto de Software (LPS) tienen algunas características que las convierten en un modelo de desarrollo de software particular e innovador a la vez. Han sido pensadas para lograr una reutilización eficiente del software que, más que centrarse en las técnicas, lo hace en la gestión de las personas y del proceso.

Se pueden definir cómo un conjunto de sistemas de software, que comparten un conjunto común de características (features), las cuales satisfacen las necesidades específicas de un dominio o segmento particular del mercado y que se desarrollan a partir de un sistema común de core assest de una manera preestablecida (Clements et al., 2001).

La metodología general de trabajo en las LPS se compone de dos procesos retroalimentados que operan en paralelo, la Ingeniería de Dominio y la Ingeniería de Producto. El proceso de Ingeniería de Dominio es análogo al análisis de requerimientos que permite especificar las funcionalidades y restricciones de los sistemas de software. La Ingeniería de Producto consiste en el proceso de construcción del producto final, que por medio de un conjunto de tareas de codificación y pruebas llevan a disponer de un software operativo y listo para entregarse al cliente o usuario final (Pressman, 2010).

En las LPS, la Ingeniería de Dominio, además de su habitual tarea de captura de información y representación del conocimiento, también tiene la tarea de crear los elementos comunes de software reutilizables para cualquier nuevo producto denominados activos comunes. Por otro lado, la Ingeniería de

Producto, se encarga del desarrollo de los productos finales para el usuario, a través de la reutilización de los activos y los planes de producción. La fuerte integración entre estos dos procesos permite una retroalimentación constante en doble sentido de los activos de software, gracias a la información recogida durante el desarrollo del producto (Clements et al., 2001).

Los procesos de LPS son procesos que generalmente se dirigen al desarrollo de software en general, pero pueden ser más efectivos cuando están vinculados a software que se encuentra dentro del mismo dominio de conocimiento. Al aplicar el concepto de analizar los dominios de un videojuego se encuentra que existe una gran cantidad de componentes con potencial de reutilización. Un ejemplo de ello es que, independientemente del género de juego, existen motores de videojuego como Unity, Godot ó Unreal entre otros que ofrecen una gran cantidad de assets que facilitan el desarrollo.

Sin embargo, en un equipo de desarrollo de videojuegos, los assets de software no son los únicos reutilizables (aunque si resultan los más fáciles de aplicar), también la forma de documentación, la arquitectura utilizada para un determinado género, el servidor de red, las formas de detectar el “fun factor” entre otros componentes, lo son.

### ***MODELO DE PROCESO PARA EL DESARROLLO DE VIDEOJUEGOS DE LA CATEGORÍA SERIOUS GAME (MPDSG)***

Los videojuegos son quizás el ejemplo actual más sofisticado y extendido, de un software con interacción persona-ordenador de alto nivel. Esto lo demuestra el hecho de que suelen ser los primeros en probar nuevos hardware de interacción y son extremadamente exigentes en el procesamiento.

La IPO es una disciplina relacionada con el diseño, implementación y evaluación de sistemas informáticos interactivos. En este sentido, los videojuegos deberían diseñarse considerando los conceptos y metodologías propios de la IPO.

Tal como ha sido indicado con anterioridad, los modelos citados para el desarrollo de un SG se basan en plantillas o marcos de frameworks, herramientas para que el docente construya su videojuego. Por lo tanto, estas soluciones no resultan ser un modelo de proceso completo de construcción para SG para un grupo de desarrollo cuando el género del mismo no se enmarca dentro de los plantillas o frameworks. Esto limita a los SG a tener baja inmersión y limitada jugabilidad.

El proceso de desarrollo que se presenta en este capítulo, se basa en una combinación de líneas de producción de software (LPS) (Clements et al, 2001), el proceso de DCU (Yusef, 2009) y el modelo MPOBA (Massa, 2012). De cada uno de estos procesos se rescatan sus virtudes que, combinadas, colaboran en la construcción de un SG con calidad y que a la vez cumple con los objetivos

de jugabilidad e inmersión. Los puntos destacados adoptados de cada proceso son:

- La metodología de LPS que se aplica como marco general para la construcción de éste y todos los SG que el equipo construya en el futuro, con fuerte énfasis en la reusabilidad (core assets).
- El enfoque DCU mediante el cual se validan los atributos de jugabilidad e inmersión.
- El modelo de proceso MPOBA que permite organizar y validar el correcto diseño de los elementos de aprendizaje, considerando los assets y los SG como un OA.

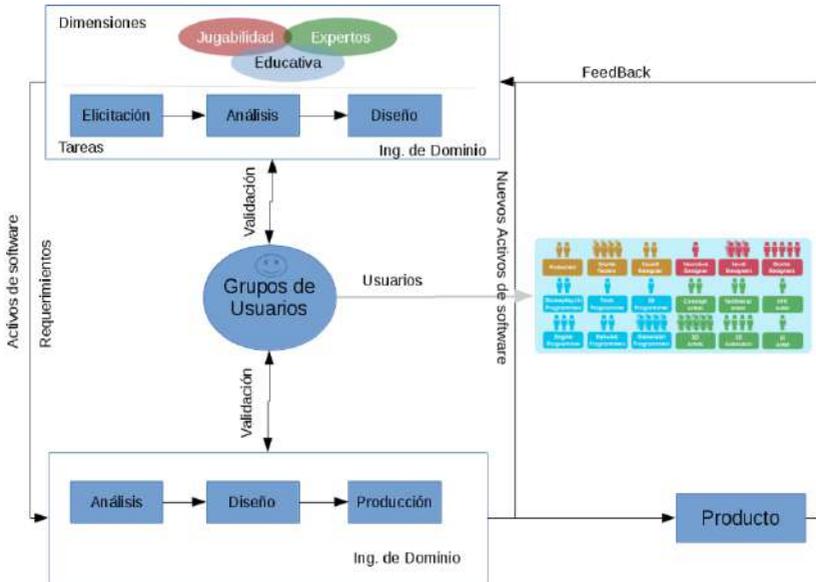
Puesto que la creación de SG es en definitiva una serie de múltiples productos y no un trabajo esporádico y único, la utilización de LPS permite diseñar, desarrollar, gestionar y mantener un grupo de core assets para el desarrollo de cualquier SG. Es decir, como valor agregado, se contará con una base de core assets que permitirá en proyectos futuros la reducción de esfuerzos.

En este modelo es importante destacar que los expertos vinculados al desarrollo de un SG son: los expertos en jugabilidad, los expertos en pedagogía (docentes) y los expertos del contenido o dominio que atraviesa el videojuego. Las necesidades de los tres grupos deben complementarse para que el SG sea atractivo e inmersivo, permitiendo al estudiante lograr las competencias buscadas en un ambiente realista.

El enfoque consiste en potenciar la adquisición de competencias propias del siglo XXI incorporando las específicas del contenido educativo en los SG (Churches, 2014).

Así, esta propuesta conjuga los tres aspectos: pedagógico, del juego y del software, ausentes en la mayoría de los trabajos científicos en el campo. La naturaleza iterativa del proceso permite validar en cada etapa del desarrollo todos los core assets, los elementos significativos del juego y obtener una validación integral como OA.

El proceso MPDSG (Figura 8) es naturalmente iterativo y se inicia con la Ingeniería de dominio.



**Figura 8- Modelo de proceso MPDSG**

Como se considera al SG un OA, se comienza la extracción de requerimientos mediante entrevistas con docentes, con el fin de definir los objetivos y las competencias a desarrollar en el tema seleccionado. También se realizan reuniones con expertos en contenido o dominio de conocimiento quienes definirán las tareas o desafíos reales a solucionar. Estas tareas o desafíos, a su vez, se validan con el docente para ver si son pertinentes con los objetivos y competencias a desarrollar. Esta validación cruzada de requerimientos, mejora la calidad y claridad en la definición de los core assets reusables vinculados a la parte menos lúdica del producto.

En la medida que se van definiendo las necesidades de los docentes y expertos, se desarrollan actividades con los gamers o jugabilidad en las que se aplican técnicas de divergencia de la creatividad (De Bono, 2006), con el objeto de: crear la historia, definir el género del videojuego y la jugabilidad del videojuego y que logre que la persona que lo juegue, aprenda los objetivos establecidos. Nuevamente, todas las conclusiones son validadas por los otros expertos.

De esta iteración entre la Ingeniería de dominio, ilustradores, libretistas y músicos se va generando el material que será validado por los distintos expertos, pasando posteriormente a la etapa de desarrollo del juego (Ingeniería de producto). Mediante una planificación ágil se gestiona el desarrollo iterativo e incremental de las escenas (Beck, 1999; Keith, 2007 y Tekeuchi y Nonaka 1996). Al final de cada iteración, se obtiene una versión del producto que,

como todos los entregables del proceso, se valida con los expertos mediante las metodologías del modelo de proceso MPOBA (Massa, 2012).

### **3. Resultados y discusión. El objeto de aprendizaje: “el videojuego”**

“Power Down the Zombies” (Figura 9) es un videojuego desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Se inscribe en la categoría de SG y sus objetivos educativos son: mejorar la toma de decisiones relativas al uso racional, eficiente y consciente de la Energía; evaluar los impactos medioambientales y sociales de los usos tecnológicos de la energía y reflexionar críticamente sobre el uso que debe hacerse de los recursos naturales. Su ámbito de aplicación es la asignatura “Introducción a la Física” correspondiente al currículum de 4º año de las Escuelas Secundarias de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.



**Figura 9- Logo del videojuego “Power Down the Zombies”**

Este proyecto fue seleccionado en el marco de la edición 2015 del Programa “Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo”, acorde a lo indicado en la Resolución Ministerial N°117/15, dictada el 28 de diciembre de 2015. Dicho Programa pertenece a la Dirección Nacional de Desarrollo Universitario y Voluntariado de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación y Deportes de la Nación.

La metodología implementada para el desarrollo del SG es la descrita en el apartado 2.

El objetivo educativo está inmerso en una fantástica historia de supervivencia en un mundo post- apocalíptico en el que un científico busca la cura para una invasión zombie. La narrativa fue elegida luego de un sondeo acerca de las historias de moda entre los adolescentes. El modo de juego es de un solo jugador (single player) y el género es una combinación de tower defense y supervivencia (survival).



**Figura 10. Escena del día – Versión pre-alfa**

El juego consta de dos fases bien definidas, una de preparación de las defensas, durante el día (Figura 10) y otra en la que ocurren los ataques durante la noche (Figura 11). El juego transcurre dentro de una fortaleza habitada por seres humanos y su entorno donde se originan los ataques. Existe una relación entre la energía destinada al confort y el número de defensores, pues deberá estar en equilibrio con la energía destinada a la defensa.



**Figura 11- Escena de la noche – Versión alfa**

Entre otras cuestiones, la propia mecánica de juego está embebida en el concepto de conservación de energía por lo que resulta necesario: informarse sobre energías alternativas teniendo en cuenta tanto sus ventajas como sus

desventajas, revisar estadísticas, realizar cálculos y fomentar el ahorro de la energía como concepto, enfrentarse a los distintos tipos de tecnologías de cada producto con su respectivo consumo energético (Figura 12) y visualizar los rangos óptimos de confort actuales que permitan obtener un mejor aprovechamiento de los recursos.



Figura 12- Árbol posible de tecnologías a usar

La historia incorpora además secuencias de acción donde los zombies, sensibles a la luz, intentan apoderarse del refugio generando mayor inmersión en el estudiante.

El videojuego cuenta también con una “caja de herramientas didácticas” para que el docente obtenga:

- El informe con las decisiones que tomó cada estudiante en cada sesión de juego.
- Orientaciones para la puesta en marcha de sesiones educativas con el videojuego.

#### 4. Conclusiones y recomendaciones

En este capítulo ha sido presentado un modelo de proceso de creación de software, específicamente de videojuegos para educación, los denominados SG. A modo de ejemplo se presentan los resultados de la aplicación de dicho modelo en el desarrollo del SG: “Power Down the Zombies”.

Se considera que, la incorporación de los principios del Diseño Centrado en el Usuario en la construcción de los Serious Games con las adaptaciones pertinentes, permitirá relevar elementos significativos en el diseño de estos videojuegos proporcionando a los estudiantes mejores experiencias a partir de un mayor grado de implicación de todos los actores de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Permite contar además con un modelo para el desarrollo de juegos serios, contribuyendo a la difusión de buenas prácticas en un sector en expansión y permitiendo la futura apertura de líneas de investigación en procura de técnicas y procesos de desarrollo en dominios donde el trabajo multidisciplinario es fundamental.

El proceso de desarrollo propuesto promete interesantes resultados, debiéndose trabajar en otros SG a fin de validarlo.



**Gustavo Alfredo Bacino**  
gustavo@fi.mdp.edu.ar

*Es Ingeniero Electricista por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP). Es Magister en Tecnología Informática Aplicada en Educación por la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Es Profesor Adjunto con dedicación exclusiva de las Asignaturas Electrotecnia 1 y Electrotecnia 2. Es integrante del Grupo de investigación en Tecnologías Interactivas (GTI) de la Facultad de Ingeniería de la UNMdP. Se ha desempeñado como Secretario de Extensión y de Coordinación de la Facultad de Ingeniería (UNMdP) y como Vicedirector y Director del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la citada Facultad.*

## Referencias

- Acerenza, N., Coppes, A., Mesa, G., Viera, A. Fernández, E., Laurenzo, T., Vallespir, D. (2009) SUM - Una metodología para desarrollo de videojuegos: versión extendida
- Beck, K. (1999). *Extreme Programming Explained: Embrace Change*. Addison-Wesley Professional.
- Bethke, E. (2003). *Game Development and Production*. Wordware Publishing.
- Birdwell, K (1999) The Cabal: Valve's Design Process For Creating Half-Life. [http://www.gamasutra.com/view/feature/3408/the\\_cabal\\_valves\\_design\\_process.php](http://www.gamasutra.com/view/feature/3408/the_cabal_valves_design_process.php) . Recuperado el 15 de septiembre del 2017
- Callele, D., Neufeld E., Schneider, K. (2005). *Requirements engineering and the creative process in the video game industry*. *Requirements engineering*. 13th IEEE International Conference on Volume p.240-250. IEEE Press.
- Churches, A. (2014). Taxonomía de BLOOM para la era digital. Disponible en <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/TaxonomiaBloomCuadro>. Recuperado el 7 de abril 2016
- Clements, P. et. Al (2001). *Software Product Lines: Practices and Patterns*. Addison-Wesley
- De Bono, E. (2006). *El pensamiento lateral*. Editorial Paidós Ibérica S.A
- Fernández-Manjón, B., Moreno-Ger, P., Sierra, J.L. y Martínez-Ortiz, I. (2007). *Uso de estándares aplicados a TIC en Educación*. Informe No 16. Instituto de Tecnologías Educativas (ITE) Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa (CNICE), Madrid: Ministerio de Educación. España.
- Flood, K. (2003). *Game unified Process (GUP)*. Recuperado el 2009, de gamedav.net.
- GONZÁLEZ SÁNCHEZ, J. L. (2010). *Jugabilidad: Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos*. Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- Granollers, T. (2004). *MPLu+a. Una metodología que integra la ingeniería del software, la interacción persona-ordenador y la accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinarios* (Tesis Doctoral). Universitat de Lleida.
- Gros, B. (2009). *Certezas e interrogantes acerca del uso de los videojuegos para el aprendizaje*. Comunicación 7(1) p.251-264.
- IMS, (2003). *IMS Learning Design Best Practice and Implementation Guide - Version 1.0 Final Specification*. Disponible en [http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldvlp0/imslld\\_bestv1p0.html](http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldvlp0/imslld_bestv1p0.html) Recuperado el 5 de abril de 2016.
- Keith, C. (2007). *Agile Game Development Tutorial*. Game Developers Conference.
- Marfisi-Schottman, I. (2010). *Tools and methods for efficiently designing serious games*. En: 4th European Conference on Game-Based Learning. p.226-234.
- Massa, S. M. (2012). *Objetos de aprendizaje: Metodología de Desarrollo y Evaluación de la Calidad*. Tesis de doctorado Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- Montero, F., Sánchez, J. L. G., Padilla Zea, N., & Vela, F. L. G. (2009). *Playability as Extension of Quality in Use in Video Games*. 2nd International Workshop on the Interplay between Usability Evaluation and Software Development. Uppsala.
- Nadolski, R. J., Hummel, H. G., Van Den Brink, H. J., Hoefakker, R. E., Sloomaker, A., Kurvers, H. J., & Storm, J. (2008). *EMERGO: A methodology and toolkit for developing serious games in higher education*. *Simulation & Gaming* 39(3) p.338-352.

- Padilla Zea, N. (2011). *Metodología para el Diseño de Videojuegos Educativos sobre una Arquitectura para el Análisis de Aprendizaje Colaborativo*. Tesis de doctorado Universidad de Granada. España.
- Paternò, Fabio & Mancini, Cristiano & Meniconi, Silvia. (1997). *ConcurTaskTrees: A Diagrammatic National for Specifying Task Models*. Proceedings of the IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction p.362-369. ACM Press.
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*. 7ma. Ed. Mc Graw Hill.
- Rogers, S. (2010). *Level UP! The Guide to Greate Video Games Design*. John Wiley & Sons.
- Rollings, A. y Morris, D. (2003). *Game Architecture and Desing*. New Riders.
- SCORM 2004 4th Edition Specification (2009). Disponible en <http://www.adlnet.gov/capabilities/scorm/scorm-2004-4th>. Recuperado el 30 de marzo de 2016.
- Tekeuchi, H. y Nonaka, I. (1996). *Scrum: The New Product Development Game*. Harvard Business Review.
- Valve (2006) Wiki de la comunidad de desarrolladores de Valve. [https://developer.valvesoftware.com/wiki/Valve\\_in\\_the\\_press](https://developer.valvesoftware.com/wiki/Valve_in_the_press). Recuperado el 15 de septiembre del 2017
- Hassan-Montero, Yusef, and Sergio Ortega-Santamaría. (2009). *Informe APEI sobre usabilidad*. Informe APEI 3. APEI, Asociación Profesional de Especialistas en Información.



# **Diseño y Construcción de Serious Games**

## **Elicitación de Requerimientos**

### **1. Introducción**

El uso de la actividad lúdica como herramienta para el aprendizaje no es una estrategia novedosa. Las Tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han participado en el ámbito educativo desde su nacimiento, ya sea en la gestión, el soporte o la enseñanza. Como vehículo de enseñanza el aporte de las TIC consiste en la construcción de productos pensados o adaptados para cumplir un objetivo pedagógico, este tipo de productos son los Objetos de Aprendizaje (OA).

Los OA constituyen una estructura mínima e independiente que contiene un objetivo, un contenido, una actividad de aprendizaje, un metadato y un mecanismo de evaluación, el cual puede ser desarrollado mediante el empleo de las TIC de manera de posibilitar su reutilización, interoperabilidad, accesibilidad y duración en el tiempo (APROA, 2005).

Los OA pueden ser artefactos multimedia (videos, sonido, páginas web, programas de TV, radio y el conjunto de medios derivados de la combinación de todos ellos). Las TIC participan en el desarrollo de todas estas iniciativas ya sea como soporte técnico o de contenido y, a su vez, realizan un aporte propio mediante el software educativo.

El software educativo recibe diversos enfoques, uno de ellos es el uso de los videojuegos como herramientas de enseñanza. El aprovechamiento de estos como medio educativo ha sido motivo de controversia desde sus inicios, sobre todo en el área de la enseñanza formal. No obstante, gracias a la evidencia acumulada, la cuestión parece resuelta a favor de los mismos.

Para que los videojuegos resulten de utilidad, no basta con que tengan un contenido pedagógico, estén unidos a una rutina de aprendizaje y cuenten con una estrategia de evaluación. También deben ser atractivos (que los alumnos deseen jugarlos más de una vez), pues sólo si cuentan con la inmersión y jugabilidad adecuada producirán el efecto de aprendizaje deseado.

Lo antedicho se hace evidente si se pone atención al significado de los términos inmersión y jugabilidad. Según Murray (2017), la inmersión es “la sensación de sumergirse completamente en otra realidad [...] que acapara toda nuestra atención y aparato sensorial”. Por su parte según González Sánchez (2010) la jugabilidad es el conjunto de propiedades que describen la

experiencia del jugador ante un producto cuyo objetivo principal es divertir y entretener.

La inmersión y jugabilidad de un videojuego es directamente proporcional al compromiso que el jugador pone para participar y persistir en el juego. Es claro que un juego donde el jugador esté comprometido a ganar y donde dicho triunfo se encuentre asociado con la comprensión de contenidos pedagógicos embebidos en el juego, constituirá una mejor herramienta de aprendizaje.

Existen dos líneas de trabajo dedicadas al uso de los videojuegos en el aula: una de ellas hace uso de los comerciales cuyo contenido resulte compatible con algún objetivo pedagógico mientras que la otra se vale de la construcción de productos específicos.

Según Abt (1970), Zyda (2005) y Sawyer & Smith (2008), estos productos se deben considerar como un caso particular de SG (un videojuego cuyo objetivo trasciende el mero entretenimiento y busca incorporar un nuevo conocimiento o modificar alguna conducta del jugador). Los simuladores de vuelo y muchos otros tipos de software, cuyo objetivo principal es capacitar a los usuarios enfrentándolos a situaciones reales, constituyen SG.

Cuando se usa un videojuego comercial suelen aparecer algunas limitaciones inherentes a su naturaleza, por ejemplo, se debe encontrar uno que trate los contenidos deseados. Como no puede alterarse, su utilización implica construir la rutina de aprendizaje en base a éste y su evaluación y monitoreo ha de hacerse en forma manual, lo que dificulta el análisis posterior de los datos.

Cuando se desarrollan juegos propios o SG, estas limitaciones desaparecen o se moderan, pero a costa de incorporar los costes de desarrollo. Como respuesta a este problema se han propuesto herramientas de desarrollo de mediana dificultad que permiten al docente construir sus propios SG en pocos pasos. Algunas de ellas son: Emergo (Nadolski, 2011); Edos (Tran, 2010); el proceso de Marfisi-Schottman (Marfisi Schotman, 2010) y el Savie (Sauvé, 2009).

Las herramientas mencionadas trabajan con plantillas y hacen evidente el objetivo educativo, lo que se traduce en baja inmersión y jugabilidad (Evans, Spinelli, Zaipirain, Masa y Soriano, 2016). A pesar de los inconvenientes estas herramientas son las más difundidas, pues permiten al docente la creación de su propio material a un costo asequible. No obstante, el verdadero potencial de aprendizaje de los SG, sólo llegará de la mano de productos que integren contenido, rutina y evaluación, con inmersión y jugabilidad. Para ello deberá surgir una industria del SG educativo que produzca a costos razonables.

Para que esta industria sea una realidad no basta la existencia de la demanda, que debe ser cubierta con productos de calidad (SG educativos completos: SG, Rutina, Evaluación, Capacitación, etc.) y, como ya se mencionó, a un precio accesible para los docentes e instituciones educativas. Será necesario asimismo abandonar las técnicas artesanales y adoptar procesos de desarrollo que permitan el diseño y construcción de este tipo de productos.

Lamentablemente, como afirma González Sánchez (2010), la industria del videojuego no ha establecido ni adoptado una metodología que englobe todo el proceso de desarrollo y asegure su calidad, aunque advierte que en forma análoga a una película, organiza el proceso de desarrollo en tres fases: preproducción, producción y post-producción.

Sin embargo, se hacen esfuerzos para mejorar la producción optimizando las tareas con énfasis en la agilidad, tratando de disminuir los tiempos y probar el producto lo antes posible. Algunos de los procesos propuestos son: el Game Unified Process (GUP) de Flood (2003), que incluye técnicas de Programación Extrema (Beck, 1999), procesos Ágiles y Scrum (Keith, 2007). Esta última propuesta es particularmente interesante pues busca recibir feedback del usuario e involucrar al equipo de test lo antes posible dentro del ciclo de desarrollo.

Para ello usa procesos ágiles de desarrollo de software (Chin, 2004) y Scrum (Takeuchi y Nonaka, 1986). La idea es realizar un gran esfuerzo inicial con el objeto de contar con una versión básica del producto, la que se pueda testear y permita obtener feedback de los usuarios, a partir de la cual se mejora y completa el producto en siguientes iteraciones.

Tanto por el feedback buscado, como por el hecho que en los SG el aprendizaje se realiza a través de la interacción entre el usuario y el software, todo proceso de desarrollo debe aplicar las técnicas del DCU (I Saltiveri, 2004). Por su parte Da Rocha, Bittencourt, Isotani (2015) destaca la complejidad del proceso de desarrollo de un SG, donde existen actores con orígenes e intereses diversos. Esto le asigna una naturaleza multidisciplinaria, al tiempo que sus metodologías deben incluir la reutilización de artefactos, la evaluación y la validación con el fin de asegurar la calidad.

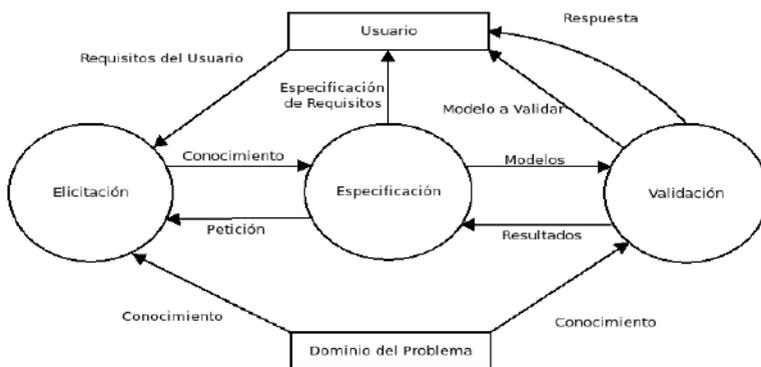
Los videojuegos son ante todo un producto de software y el impulso que les da origen puede provenir de cualquier ámbito. Como en cualquier producción antes de poner manos a la obra es necesario determinar si es factible técnica y económicamente, para ello y para comenzar el proceso productivo, es preciso contar con una descripción detallada del producto, la misma se denomina especificación y toma la forma de un documento. A este entregable se lo denomina documento de especificación (un entregable, es toda documentación o código producido durante el proceso de desarrollo del producto) y puede presentarse en diversos formatos, según las normas y prácticas observadas.

El propósito del documento de especificación es contribuir a la comprensión del fenómeno a modelar, servir de medio de comunicación entre las partes, constituir una base para los arreglos legales, proveer la vara para evaluar el producto terminado y contribuir a su aceptación por parte de consumidores y usuarios. En el ámbito de las TIC, este proceso es llevado adelante por la Ingeniería de Requerimientos (IR). Esta actividad transforma los deseos y necesidades de consumidores y usuarios potenciales, usualmente incompletos y expresados en términos informales, en una especificación

completa, precisa y consistente, preferiblemente redactada en notación formal (Loucoupoulos y Karakostas, 1995).

El documento de especificación consiste en la enumeración de los requerimientos que el producto debe cumplimentar para ser considerado un producto terminado y aceptado. Un requerimiento, según la norma IEEE 610.12-1990 y sus actualizaciones, es una representación documentada de una condición o capacidad requerida por el usuario para resolver un problema o alcanzar un objetivo. O bien es una condición que el sistema o uno de sus componentes debe satisfacer, o poseer para satisfacer, un contrato, un estándar, una especificación u otro documento formalmente impuesto. Debe ser completo, incluir todos los requisitos necesarios para describir el producto y no resultar ambiguo. No debe contradecirse, ser claro, mensurable y contrastable.

Podemos ver la IR como la rama de la ingeniería que implementa, ejecuta, controla y gestiona el proceso de especificación. Leite (2000) la define como el proceso mediante el cual se intercambian diferentes puntos de vista para recopilar y modelar lo que el sistema va a realizar. Este proceso utiliza una combinación de métodos, herramientas y actores, cuyo producto es un modelo del cual se genera un documento de requerimientos. Loucoupoulos y Karakostas (1995) esquematizaron, como se muestra en la Figura 1 el proceso de IR de naturaleza iterativa y donde se destacan tres actividades: Elicitación, Especificación y Validación. La actividad en que se centra este capítulo es la Elicitación.



**Figura 1: Modelo de la Ingeniería de Requerimientos para la Especificación**

La palabra Elicitación (del latín elicitus, “inducido” y elicere, “atrapar”) es un término asociado a la psicología que se refiere al traspaso fluido de información de un ser humano a otro por medio del lenguaje. El término se

utiliza en el ámbito informático para referirse al intercambio fluido de información entre diversos actores (físicos o virtuales) y para identificar una de las fases del proceso de especificación del software. En este punto conviene aclarar que la Real Academia Española, no incluye el verbo elicitar porque considera que se puede reemplazar por los verbos provocar, suscitar u obtener, sin embargo, en este capítulo se utilizarán los términos Elicitación y elicitar, pues son de uso común en el ámbito de las TIC.

La actividad de Elicitación es aquella que procura obtener del dominio y de los actores relacionados con el problema, aquellos elementos que han de describir el comportamiento del producto a construir, cimiento sobre el que se construirá el conjunto de requerimientos. Según Ampatzoglou y Stamelos (2010) existen pocos trabajos referidos a sistematizar estos procesos en el ámbito de los videojuegos. Por su parte Catalano (2014) afirma que en el caso de los SG, no hay evidencias de metodologías, directrices y mejores prácticas para desarrollar productos eficaces e integrados a los procesos de aprendizaje y procesos formativos, así como la evaluación de su impacto.

Por otra parte, Ghezzi (2002) dice que un SG, además de los requerimientos funcionales y no funcionales típicos de un producto de software, incorpora aquellos que especifican las necesidades pedagógicas (contenidos, técnicas, material, evaluación) y del juego (trama, ambiente, retos, personajes, efectos visuales y sonoros y su interacción dentro de la trama). El mismo autor destaca que deben satisfacer una necesidad pedagógica de un campo específico, que su desarrollo es un trabajo multidisciplinario que excede el ámbito de la programación y. lo que no es menos importante, su éxito depende de la inmersión, la jugabilidad, la usabilidad y la funcionalidad.

A modo de cierre de esta introducción puede concluirse que, un proceso de desarrollo de SG debe ser de naturaleza iterativa, centrado en el usuario y el ensayo. También se debe contemplar la naturaleza multidisciplinaria del equipo de desarrollo y las características particulares de los nuevos requerimientos a satisfacer. Un proceso de estas características es el MPDSG, Evans, et al. (2016) y Spinelli et al. (2016a), (2016b), (2016c).

## **2. Materiales y Métodos**

El MPDSG resulta de la combinación del Modelo de Proceso para el desarrollo de Objetos de Aprendizaje (MPOBA) (Massa, 2013), el modelo de Líneas de Producción de Software (LPS) (Clements, 2001) y el DCU (Diseño centrado en el usuario, I Saltiveri, 2004).

El modelo toma del LPS el re-uso de componentes, del DCU los criterios para tratar la inmersión y jugabilidad, en tanto que del modelo MPOBA toma la metodología para organizar y validar el correcto diseño de los OA, considerando a los SG como un OA.

En el MPDSG se distinguen tres tipos de expertos vinculados al desarrollo: los expertos en jugabilidad, los expertos en pedagogía (docentes) y los expertos del contenido o dominio que atraviesa el videojuego. Las necesidades de los tres grupos deben complementarse para que el SG sea atractivo y maximice la inmersión, permitiendo al estudiante alcanzar los objetivos pedagógicos en un ambiente realista.

El MPOBA aprovecha las técnicas del DCU. Según la definición de la norma ISO 9241-210:2010 (IEEE, 2010) es el enfoque de diseño y desarrollo de sistemas que tiene como objetivo hacer que los sistemas interactivos sean más utilizables al centrarse en el uso del sistema, aplicando los conocimientos y técnicas de ergonomía y usabilidad. A veces se habla de “diseño centrado en el ser humano” en lugar de DCU, para enfatizar que esta parte de la norma también aborda los impactos de todos los stakeholders (partes interesadas).

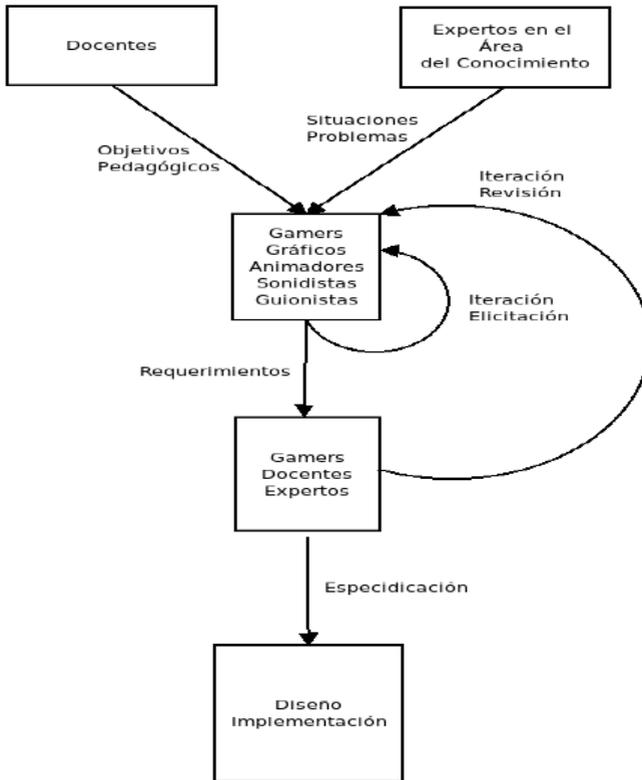
El MPDSG comparte con el MPOBA el proceso de especificación y sus técnicas de Elicitación, las que adapta a la naturaleza del producto al que está destinado. La Figura 2 describe dicha técnica iterativa donde se definen y validan los objetivos del sistema, utilizando entrevistas, análisis contextual, cuestionarios, encuestas, focus group y brainstorming y expresando los requerimientos en forma de escenarios como los describe Leite (2000), los que se usan en la validación mediante el juicio de expertos.

El desarrollo de un SG involucra personas físicas o de existencia ideal interesadas (stakeholders), de diversos orígenes: docentes, expertos, gamers, sonidistas, gráficos, etc.

Cada uno contribuye con una parte del todo, a través de su experticia y cultura particular. Lograr que todos trabajen armónicamente y transformar sus aportes en una especificación coherente, exige la existencia de un lenguaje común.

Los escenarios y su derivación de escenarios basados en el Léxico Extendido de Lenguaje (LEL) propuesta por Leite (1989), puede considerarse una alternativa de lenguaje común,

Como todo proceso de especificación, este culmina con el documento de especificación, constituido por el listado de las descripciones sin ambigüedades de los requerimientos que, en el caso de los SG se denomina GDD o Game Design Document (Rogers, 2010). Dicho documento, además de los requerimientos dependientes de la plataforma, debe incluir la mecánica del juego, los retos, el ambiente y la trama. El ambiente está compuesto por los efectos visuales y sonoros, los personajes, los objetos y sus interacciones, aspectos esenciales a la inmersión y a la jugabilidad.



**Figura 2: Mecanismo Iterativo de Especificación (MPDSG)**

### 3. Resultados

Se identificaron cinco tipos de requerimientos: Pedagógicos, del Dominio, del Juego, Funcionales y No Funcionales.

#### *Requerimientos Pedagógicos*

El juego debe disparar una actitud reflexiva sobre el tema, los conocimientos deben ser acordes a un curso de introducción a la física y la dificultad debe estar en consonancia con una edad de quince a dieciséis años. El juego debe incentivar, planteando diferentes rutas, el aprendizaje de nuevos contenidos, así como medir el grado de eficiencia en el uso de la energía y el monitoreo del aprendizaje del jugador.

Los objetivos pedagógicos del juego se extrajeron de los lineamientos establecidos por el Diseño Curricular para la Educación Secundaria “Introducción a la Física” 4° año (DGCEPBA, 2010):

- La energía en el mundo cotidiano:
  - Diferenciar formas y fuentes de energía.
  - Comprender y manipular conceptos tales como conservación, eficiencia y degradación de la energía.
  - Comprender y manipular conceptos tales como: formas de uso y transformación de la energía.
  - Así como los conceptos de trabajo, potencia y unidades de medida.
  
- La energía en el universo físico:
  - Comprender y manipular los conceptos de energía microscópica (hidroeléctrica y térmica) y su aprovechamiento,
  - Conocer las fuentes de energía alternativa (eólica, solar, isotérmica, mareomotriz) y su importancia en el contexto del uso racional y eficiente.
  
- La energía eléctrica:
  - Comprender y usar adecuadamente los conceptos de fuentes de voltaje, pilas, circuitos eléctricos. Potencia disipada en fuentes y resistencias.
  - La conservación de la energía en circuitos eléctricos, sus usos domiciliarios. El consumo (a través de los artefactos) y el ahorro de energía.
  - Los conceptos de potencia y rendimiento relacionados con las usinas, de la transformación de energía mecánica en eléctrica.
  - Comprender el funcionamiento de los diferentes tipos de centrales (hidroeléctricas nucleares y eólicas), su ubicación geográfica y la construcción de criterios de selectividad.
  - Comprender el funcionamiento de la distribución de corriente eléctrica. El sistema interconectado nacional, la infraestructura de transporte y la red de transporte de energía.

### ***Requerimientos del Dominio***

Los requerimientos del dominio se refieren a aquellos aspectos dentro del videojuego que dan sustento a la trama. En un videojuego comercial puede construirse un mundo fantástico con reglas que desafíen el sentido común, este escenario es el ámbito de los gamers y guionistas. En nuestro caso la trama debe respetar las leyes que rigen el fenómeno del que trata la historia (la energía).

Con este objetivo fueron consultados expertos en el tema, quienes informaron los aspectos técnicos involucrados y los desafíos potenciales. En base a la información recogida se estableció que, en la primera versión, el videojuego sólo tratará de la energía eléctrica. Siendo la cantidad de energía disponible un aspecto central representado por un indicador, cuyo cálculo se basará en tres elementos: la generación de energía; las etapas de transporte y almacenamiento y el consumo.

Las entrevistas con los expertos del dominio permitieron describir los aspectos técnicos involucrados y los desafíos potenciales siguiendo tres ejes:

- a) La relación entre generación, transporte y almacenamiento y consumo.
- b) El uso de estrategias pasivas para la reducción del consumo tales como: adecuar el ambiente, uso de ventanales con doble vidrio, uso de materiales eficientes térmicamente y elección de artefactos energéticamente eficientes. además del uso de estrategias activas tales como la modificación de hábitos de consumo y el fomento del reciclado.
- c) El daño ambiental producto de un uso irracional de la energía y la ausencia de una política de seguridad (verificación de instalaciones, interruptores termomagnéticos y diferenciales, puesta a tierra y aislación con respecto a las fuentes de humedad).

En este contexto se identificaron algunas situaciones problemáticas que podrían incluirse en la trama:

- Elección entre fuentes de energías convencionales o alternativas (en función de las consecuencias del uso de una u otras teniendo en cuenta las circunstancias del juego).
- Existencia de situaciones potenciales de accidente: el jugador puede tomar decisiones que lleven a un accidente o lo eviten.
- El consumo y ahorro de energía debe ser un tema central en el juego, de modo que las decisiones del jugador (buenas prácticas de uso) permitan ahorrar o desperdiciar energía y esto afecte el resultado del juego.

### ***Requerimientos del Juego***

El juego deberá contar con una narrativa que maximice la inmersión, para introducir al jugador en el contexto ficticio e incluir componentes de acción y aventura, así como para incrementar la jugabilidad. Será de jugador único y del género Tower Defense, que consiste en la defensa de una torre o fortaleza de enemigos que atacan en oleadas.

Este género se caracteriza porque en él conviven dos momentos, uno de preparación de las defensas y otro del ataque. El juego contará con tres ambientes y cada uno enfatizará un aspecto: el uso racional de la energía, la seguridad y el impacto ambiental.

Las estrategias del juego deben contemplar que el ahorro de energía depende de la eficiencia en la generación (cantidad de energía por unidad de

recurso), la eficiencia en el transporte y almacenamiento (pérdida por unidad de energía transportada o almacenada) y el consumo (cantidad de energía usada para calefaccionar, iluminar u obtener confort).

Asimismo, es importante que, en lo que hace a la reducción del consumo, se puedan utilizar estrategias pasivas tales como: adecuación del ambiente, utilización de ventanales amplios y con doble vidrio, empleo de materiales eficientes térmicamente y elección de artefactos energéticamente eficientes, y estrategias activas que incluyan la modificación de los hábitos de consumo y el fomento del reciclado.

Las pantallas del videojuego deberán mostrar en todo momento el balance energético así como el resto de los indicadores y ayudas que permitan adoptar decisiones. El estudiante podrá acceder a los manuales de los artefactos que se consigan para conocer datos como el consumo y/o lúmenes, en caso de ser lámparas. A nivel pedagógico, el sistema permitirá al docente extraer información sobre las decisiones adoptadas por el alumno en el juego, para evaluar su aprendizaje.

En el presente capítulo se aborda el guion correspondiente al uso racional de la energía. La trama consiste en una situación apocalíptica donde la humanidad es afectada por una enfermedad que convierte a las personas en zombies, que contagian al morder, son atraídos por el ruido y mueren al ser expuestos a una cierta cantidad de lúmenes (unidad de iluminación). Este ambiente ha dado en llamarse: *Power Down de Zombies*.

Se consideran fuentes de luz todas aquellas capaces de emitir una radiación electromagnética en el espectro visible. Pueden ser naturales como el sol o artificiales como, por ejemplo, un reflector, requiriendo estas últimas de energía (Balbiano, 2016). En el juego las fuentes de luz naturales permiten contar con un periodo sin ataques mientras que las fuentes de luz artificiales proveen las defensas para la noche. Existe una relación entre la energía destinada al confort y el número de defensores: cuanto mayor sea la energía destinada al confort, mayor será el número de defensores, pero menor será la capacidad de defensa y viceversa (con esto se pretende incorporar la necesidad de establecer prioridades en el uso de la energía).

Durante el día se reciben diferentes tipos de recursos: generadores (solares, eólicos, etc.), cables, torres, baterías, diferentes tipos de fuentes de luz como focos y reflectores y se recogen combustibles (diesel, nafta, leña) necesarios para que los generadores operen.

El jugador contará con información para cada recurso, por ejemplo:

- Generadores: ¿cuántos Kwh de energía eléctrica genera por unidad de combustible y qué combustible necesita?
- Cables: ¿cuánta carga toleran y el porcentaje de pérdida?
- Fuentes de luz: ¿cuántos lúmenes proveen y cuanta energía necesitan por lumen que entregan?

Este ambiente trata exclusivamente sobre la energía eléctrica obtenida mediante la transformación de energía, en fuentes convencionales

(combustibles fósiles) o alternativas (solar, eólica, biomasa). El personaje principal (el jugador) con los elementos a su disposición (recursos e información), establecerá su matriz de generación de energía. Dicho personaje debe conocer qué combustible necesita cada generador para funcionar y los principios de su funcionamiento. Esto implica reconocer la relación entre la transformación de energía, las fuentes de energía y las formas de energía (cinética, eléctrica, térmica, química y radiante).

El jugador al tomar sus decisiones en base a los puntos precedentes deberá tener siempre presente que su estrategia de juego debe consistir en lograr un uso racional y eficiente de la energía, pues las posibilidades de sobrevivir en el juego y eventualmente ganar, dependen directamente de la energía disponible para la defensa. Para ello tendrá que hacer uso de sus conocimientos sobre la generación, transformación y ahorro en el consumo.

El escenario nocturno es el que más jugabilidad aporta pues en él se producen los ataques, en tanto que el diurno aporta los contenidos educativos. Es necesario incorporar jugabilidad (drama, desafío) al escenario diurno para que la misma esté balanceada. En función de ello se estableció, por cuestiones de simplicidad, que el escenario diurno esté limitado en tiempo.

La fortaleza, ambientada como un casco de estancia, constará de un conjunto de edificios: búnker, sala de generadores (los zombies se dirigen a ella por ser la principal fuente de ruido), depósitos de combustibles, viviendas y torres con reflectores.

En todo momento la pantalla reflejará el balance energético, la cantidad de personas, zombies y el índice de confort. Se establece que el juego culmina cuando no quedan más zombies o cuando estos invaden el búnker.

Existen tres categorías de personajes: el jugador, los humanos y los zombies, interactuando con un conjunto de elementos: combustibles, generadores, baterías, artefactos eléctricos y materiales para construir defensas. Estos elementos están caracterizados por la cantidad de energía (sólo se considerará la eléctrica) que puedan generar, almacenar, distribuir o consumir.

En las Tablas 1 y 2 se presenta una versión resumida de los escenarios de Leite correspondientes al momento diurno y nocturno, estos escenarios han dado lugar a otros generados mediante técnicas de derivación de escenarios, utilizando LEL.

El MDPSG prevé varios ciclos de desarrollo y en cada uno existe el mecanismo de Elicitación, partiendo de lo anterior y enriquecido con los entregables y puntos de vista surgidos en ciclos anteriores. Por ello a medida que avanza la construcción de los prototipos en máquina, se incorporan elementos visuales y sonoros a la especificación como un modo de describir con mayor detalle el producto que se desea.

Junto a estos elementos, utilizados para describir los ambientes del juego, coexisten diversas pruebas de conceptos que, sin ser parte de la especificación, constituyen junto al LEL tradicional una herramienta

fundamental para el intercambio de opiniones y el trabajo en equipo. Las figuras 3 y 4 constituyen ejemplos de estas pruebas.

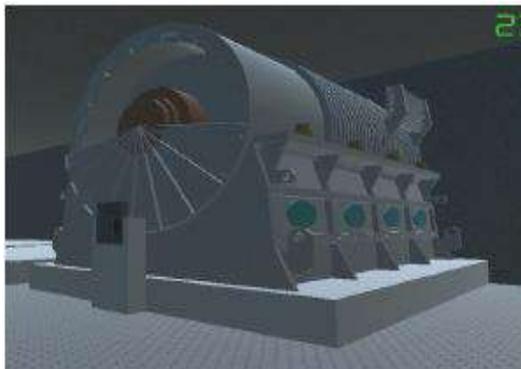
**Tabla 1: Escenario Diurno**

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
Título	Escenario Diurno
Objetivo	Preparar las defensas para el escenario nocturno
Contexto	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se comienza el día con cierta cantidad de energía, un conjunto de recursos en los depósitos, número de ayudantes humanos y zombies. Estos valores vienen del escenario nocturno (remanente de energía, humanos y zombies sobrevivientes). Los humanos también pueden disminuir porque abandonan la fortaleza si el confort no es suficiente.</li><li>• Este escenario estará limitado en tiempo, luego sucede la noche donde ocurren los ataques, que serán repelidos por las defensas construidas y la energía acumulada durante el día.</li></ul>
Recursos	Combustibles, generadores, reflectores, baterías, electrodomésticos, materiales para la defensa.
Actores	Jugador o personaje principal (PP), ayudantes humanos y zombies.
Set de Episodios	<ul style="list-style-type: none"><li>• El PP recibe el material recolectado, lo coloca en el depósito y ordena nuevas expediciones.</li><li>• Construye las defensas, equipando las torres con reflectores, cargando las linternas. Y al hacerlo busca el máximo de eficiencia en el consumo.</li><li>• Administra la defensa.</li><li>• Dispone los generadores a usar y los pone en funcionamiento, asignándoles combustible.</li><li>• Dispone el banco de baterías para almacenar energía.</li><li>• Establece el balance del consumo para el confort y la defensas</li></ul>

Los requerimientos funcionales describen la implementación de los requerimientos pedagógicos, del dominio y el juego, atendiendo a las particularidades de las herramientas elegidas. También incluyen aspectos como interfaces gráficas, almacenamiento, redes y otros aspectos que pueden o no estar relacionados con los requerimientos anteriores, pero son relevantes en la especificación del producto de software.

**Tabla 2: Escenario Nocturno**

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
Título	Escenario Nocturno.
Objetivo	Defender la fortaleza de las oleadas de zombies.
Contexto	Para repeler los ataques se usan los reflectores armados durante el día y las linternas cargadas (para el combate cuerpo a cuerpo).
Recursos	Baterías, energía almacenada, torres de iluminación, linterna.
Actores	Personaje Principal, Zombies.
Set de Episodios	El personaje principal se desplaza por el terreno controlando los reflectores y combatiendo cuerpo a cuerpo. El episodio termina si no hay más zombies, el personaje principal es mordido o termina la noche.



**Figura 3: Sala de Generadores**



**Figura 4: Perímetro Defensivo**

### ***Requerimientos no Funcionales***

El juego, sin perjuicio de correr en otras plataformas, debe funcionar en las computadoras del Programa Conectar Igualdad de la Presidencia de la Nación Argentina.

## **4. Discusión y conclusiones**

La metodología propuesta ha permitido especificar y entregar en tiempo y forma el producto solicitado lo que indica que se está en el camino correcto, no obstante, es preciso que la misma se aplique a otros proyectos para considerarla madura.

De su aplicación se observa que el uso de Escenarios de Leite, combinado con el LEL y la técnica de derivación de escenarios, constituye una herramienta válida no sólo para elicitar y validar requerimientos, sino también para proveer un lenguaje común imprescindible en un ámbito interdisciplinario.

Si bien las herramientas antes mencionadas hicieron su aporte, los stakeholders han destacado que las mismas deben incorporar los aspectos multimedia, formalizando su especificación e incorporándolos como un sujeto activo en el proceso de Elicitación.

Otro aspecto a tener en cuenta son las limitaciones existentes para la especificación del monitoreo en el aprendizaje, destacando que debieran incorporarse los lineamientos de la Learning Analytics, en la Elicitación.



**Adolfo Tomas Spinelli**  
spinelliadolfo@gmail.com

*Nacido en la ciudad de Balcarce Provincia de Buenos Aires, es Ingeniero en Sistemas por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Actualmente realiza actividades docentes y de investigación en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del*

*Plata. Con anterioridad ejerció como consultor informático por treinta años. Es integrante del Grupo de investigación en Tecnologías Interactivas (GTI) de la Facultad de Ingeniería de la UNMdP, siendo su tema de investigación actual los mecanismos de Elicitación para serious games. Formó parte del proyecto: Investigación sobre Recursos Educativos Abiertos (REA) entre los años 2014 y 2016. Al presente forma parte del proyecto: Tecnología e Innovación en Ambientes de Aprendizaje: Desarrollo y Gestión.*

---

## Referencias

- Abt, C. (1970). Serious games. The Viking Press. New York, EEUU.
- Amptatzoglou, A. y Stamelos I. (2010). Software engineering research for computer games: A systematic review. *Information and Software Technology*, 51(9), 888-901. Elsevier. Filadelfia Pensilvania, EEUU.
- APROA. (2005). Aprendiendo con Repositorio de Objetos de Aprendizaje. APROA Comunidad – FAQ: Sobre Objetos de Aprendizaje Disponible en <http://146.83.43.182/aproa/1116/article-68380.html#h2> . Recuperado el 15 de junio de 2010.
- Beck, K. (1999). Extreme Programming Explained: Embrace Change. Addison-Wesley Professional.
- Catalano, C. E., Luccini, A. M. y Mortara, M. (2014). Best Practices for an Effective Design and Evaluation of serious games. *International Journal of serious game I(1)*. Disponible en <http://journal.seriousgamesociety.org>.
- Chin, G. (2004). Agile Project Management: How to Succeed in the Face of Changing Project Requirements. MACOM.
- Clements, P., Northrop, L. (2001). Software Product Lines: Practices and Patterns. Addison-Wesley Computer (1985) Special Issue on Requirements Engineering, IEEE Computer, 1985.

- DGCEPBA, (2010). Diseño Curricular para la Educación Secundaria “Introducción a la Física” 4° año. Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, 2010.
- Balbiano, A., Diaz, F.G., Iglesias, A.C., Serafini, G.D., Arriazu, F.L. (2016). La energía en el mundo cotidiano y en el universo físico. Energías eléctrica y térmica. Termodinámica. ISBN 978-959-46-2323-6, Editorial Santillana, Buenos Aires Argentina.
- Da Rocha, R. V., Bittencourt, I. I., & Isotani, S. (2015, October). Análise, Projeto, Desenvolvimento e Avaliação de Jogos Sérios e Afins: uma revisão de desafios e oportunidades. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)* (Vol. 26, No. 1, p. 692).
- Flood, K. (2003). Game unified Process (GUP). Recuperado el 2009, de gamedav.net.
- Evans, F., Spinelli, A., Zaipirain, E., Masa, S., & Soriano, F. (2016). Proceso de desarrollo de Serious Games. In *Diseño centrado en el usuario, jugabilidad e inmersión, 3er Congreso Argentino de Ingeniería y 9no Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI)*.(2016), Resistencia, Chaco, Argentina.
- Ghezzi, C., Jazayeri, M., & Mandrioli, D. (2002). *Fundamentals of software engineering*. Prentice Hall PTR.
- González Sánchez, J. L. (2010). Jugabilidad. Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos.
- I Saltiveri, G. (2007). *MPlu+ a. Una metodología que integra la Ingeniería del Software, la Interacción Persona-Ordenador y la Accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares*. Universitat de Lleida.
- IEEE Std. 610.12-1990 y sus actualizaciones (2002-2017). IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology. IEEE.
- IEEE, (2010). International Organization for Standardization (ISO, Ginebra, Suiza). Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems. ISO 9241-210:2010
- Keith, C. (2007). Agile game development tutorial. In *Game Developers Conference*.
- Leite, J. C. S. P. (1989). Application Languages: A Product of Requirements Analysis. *Informatics Department PUC-/RJ*.
- Leite, J. C. S., Hadad, G. D., Doorn, J. H., & Kaplan, G. N. (2000). A scenario construction process. *Requirements Engineering*, 5(1), 38-61.
- Loucopoulos, P., & Karakostas, V. (1995). *System requirements engineering*. McGraw-Hill, Inc.
- Massa, S. M. (2013). *Objetos de aprendizaje: Metodología de desarrollo y Evaluación de la calidad* (Doctoral dissertation, Facultad de Informática), UNLP. La Plata
- Marfisi-Schottman, I., George, S., & Tarpin-Bernard, F. (2010, October). Tools and methods for efficiently designing serious games. In *Proceedings of the 4th European Conference on Games Based Learning ECGBL* (pp. 226-234).
- Murray, J. H. (2017). *Hamlet on the holodeck: The future of narrative in cyberspace*. Mit Press.
- Nadolski, R. J., Hummel, H. G., Van Den Brink, H. J., Hoefakker, R. E., Sloomaker, A., Kurvers, H. J., & Storm, J. (2008). EMERGO: A methodology and toolkit for developing serious games in higher education. *Simulation & Gaming*, 39(3), 338-352.
- Rogers, S. (2014). *Level Up! The guide to great video game design*. John Wiley & Sons.

- Sawyer, B., & Smith, P. (2008, February). Serious games taxonomy. In *Slides from the Serious Games Summit at the Game Developers Conference* (pp. 1-54).
- Spinelli A.T., Massa S.M., Evans F. (2016a). El proceso de creación de un VJ como herramienta para la toma de decisiones en el uso eficiente de la energía. En *Actas del 2º Congreso de Energías Sustentables*. Octubre de 2016, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.
- Spinelli A.T., Massa S.M., Zapirain E. (2016b). La construcción narrativa de un Serious Game. En Legerén-Lago B., Crespo-Pereira V. (Eds.), *De la idea a la Pantalla. Compendio de investigaciones sobre juegos serios*. E-Book 2016, ISBN 978-84-617-5940-8, pp. 9-19, IV CIVE, Universidad de Vigo, Octubre.
- Spinelli A.T., Massa S.M., Zapirain E., Aitor E., Kühn F.D., Rico C. (2016c). Elicitación de requerimientos para un Serious Game. En *Atas de las II Jornadas Argentinas de Tecnología, Innovación y Creatividad (JATIC)*. 2 al 4 de Noviembre, Mar del Plata, Argentina.
- Sauvé, L. (2009). Design Tools for Online Educational Games: Concept and Application. In *Transactions on Edutainment II* (pp. 187-202). Springer Berlin Heidelberg.
- Takeuchi, H. Nonaka, I. (1986, January). The New New Product Development Game. *Harvard Business Review*.
- Tran, C., George, S., & Marfisi-Schottman, I. (2010, October). EDoS: An authoring environment for serious games. Design based on three models. In *Proceedings of ECGBL 2010 The 4th European Conference on Games Based Learning. 4 th ECGBL* (pp. 393-402).
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25-32.



# **Control por Lógica Difusa en Serious Games**

## **1. Introducción**

Este capítulo es una versión integrada y actualizada de la ya presentada en Zapirain y Massa (2017).

### **1.1. Inteligencia Artificial en Juegos (IA en Juegos)**

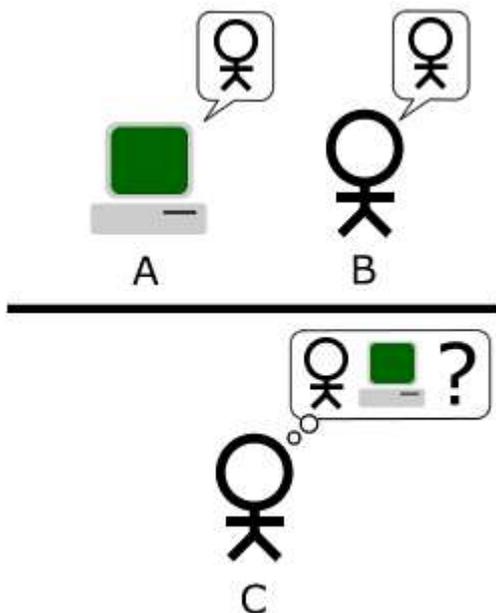
El término “IA en Juegos” tiene muchas definiciones, algunas más amplias que otras. En términos generales, la IA es la rama de las ciencias de la computación que se ocupa de diseñar sistemas computacionales inteligentes, es decir, sistemas que exhiben características asociadas al comportamiento humano tales como comprensión del lenguaje, razonamiento, aprendizaje y resolución de problemas, entre otras (Barr y Feigenbaum, 1985).

Se considera que un sistema con IA debe ser capaz de superar el Test de Turing, llamado originalmente “Juego de Imitación” (Turing, 1950). Este test, propuesto por Alan Turing en 1950, consiste en que un evaluador analice la conversación, en forma de un intercambio de mensajes electrónicos, entre una máquina y un ser humano. Si el evaluador no puede determinar quién es la máquina y quién el ser humano, entonces la máquina habrá superado el test de Turing, ya que habrá mostrado un comportamiento lo suficientemente similar al humano como para engañar a otro ser humano (Figura 1).

La IA en Juegos corresponde a la categoría de IA débil, ya que lo que normalmente se busca en un personaje de un juego controlado por IA es que muestre un comportamiento similar al humano ante determinadas situaciones. En determinados casos se podría decir que la IA en un juego sería efectiva si superara un test de Turing limitado, es decir que el jugador no sea capaz de discernir si el oponente es una computadora o un ser humano, pero siempre dentro del espacio de acciones del juego. Un ejemplo lo representan los bots de juegos de disparos en primera persona como Unreal Tournament (Figura 2a).

Esta pseudo-inteligencia es útil siempre y cuando enriquezca la experiencia de juego haciéndolo más divertido e inmersivo. De otra forma, únicamente será una carga que consuma recursos de computación sin aportar nada a cambio. Muchos juegos utilizan una IA simple y efectiva que poco tiene que ver con el comportamiento humano, pero que igualmente genera una

experiencia de juego atrapante. Es el caso de los enemigos hongo de Super Mario Bros (Figura 2b).



**Figura 1 - Esquema del Test de Turing: un evaluador no puede distinguir si los participantes de una conversación son humanos o máquinas.**



**Figura 2a - Los bots de Unreal Tournament deberían superar el test de Turing.**



**Figura 2b - Los enemigos hongo de Super Mario Bros muestran un comportamiento básico y predecible, pero efectivo para la experiencia de juego.**

Los algoritmos de inteligencia artificial utilizados en juegos deben ejecutarse en tiempo real, compitiendo en la toma de recursos con procesos muy pesados de renderizado de gráficos y sonidos. Es por esto que a la hora de implementar un motor de IA en un juego, se debe tomar en cuenta la relación costo-beneficio de complejizar el motor. El lema de la comunidad de IA en Juegos es “¿Si el jugador no puede verlo, por qué incluirlo?” (Millington, 2006).

Debido a estas restricciones, la IA en Juegos considera sólo las técnicas y algoritmos de la IA académica que resultan apropiados en el contexto de los videojuegos. La Lógica Difusa es una técnica liviana en recursos, simple y muy adecuada para imitar el proceso humano de toma de decisiones. De hecho, estos algoritmos han sido implementados en varios casos en la industria de los videojuegos comerciales.

## **1.2. Lógica Difusa**

El ser humano piensa en forma inherentemente difusa. La comunicación de la experiencia entre seres humanos se expresa en términos lingüísticos vagos. Por ejemplo, si se quisiera extraer la experiencia de un maquinista de tren para construir un controlador automático, se obtendrían reglas del estilo:

Si la próxima estación está *cerca* y la velocidad es *rápida*, entonces frenar *mucho*

Si la próxima estación está *lejos* y la velocidad es *medianamente rápida*, entonces acelerar *poco*

Los términos en cursiva son muy adecuados para transferir la experiencia de una persona a otra, pero horriblemente inadecuados para la computación. Seguir un enfoque clásico, obligaría a extraer especificaciones más duras hasta llegar a reglas de la forma:

Si la próxima estación está *a menos de 200 metros* y la velocidad es *mayor a 60 km/h y menor a 80km/h*, entonces frenar *a razón de -8 km/h por segundo*

Si la próxima estación está *a más de 1 km* y la velocidad es *mayor a 4 km/h y menor a 60 km/h*, entonces acelerar *a razón de 2km/h por segundo*

Sin embargo, un sistema de este tipo no logra captar los matices de los términos originales, y por lo tanto será necesario agregar muchas reglas adicionales para tratar de aproximarse a los resultados pretendidos.

La lógica difusa, introducida por primera vez por Lofti Zadeh en 1965, proporciona herramientas formales para representar matemáticamente términos vagos y ambiguos en los que existe un grado de incertidumbre, propio del razonamiento humano.

La lógica difusa es una extensión de la lógica binaria convencional que permite aplicar grados de pertenencia de un elemento a un conjunto, identificando ese grado como un número en el intervalo unitario (Zadeh, 1965). Este es el principio de la llamada Teoría de conjuntos difusos. Esta extensión se propaga a los operadores lógicos entre conjuntos y es necesario redefinirlos para operar con números difusos.

Más tarde se incorporaron a la teoría las definiciones de variable lingüística y la aplicación a las reglas de inferencia, lo que permitió contar con las herramientas suficientes para aplicar el modelo al desarrollo de controladores.

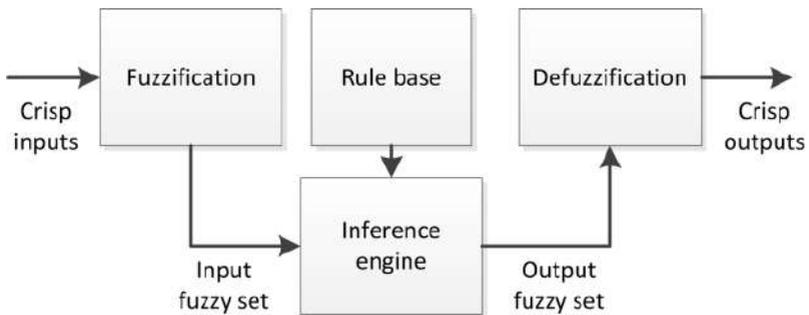
Los Controladores por Lógica Difusa (CLD) constituyen una aplicación fundamental de la misma. Ejemplos de implementación incluyen: lavarropas con un sistema de control que permite determinar automáticamente el ciclo de lavado de acuerdo a la cantidad y suciedad de la ropa; estabilizadores de imágenes en cámaras digitales; sistemas de transmisión automática en automóviles y controladores de temperatura. Un caso distinguido es el controlador automático del metro de Sendai (Japón), el cual provee un mayor confort para los pasajeros y menor consumo de energía.

Los CLD permiten implementar sistemas no lineales de control en forma simple y obteniendo una mejor respuesta dinámica a determinadas

situaciones que las técnicas clásicas. En la Figura 3 se muestra un diagrama en bloques de un CLD genérico.

Iniciando el proceso, los valores de entrada duros pasan por una etapa de fuzzificación, en la cual se asocia cada conjunto difuso a un grado de pertenencia. Las entradas fuzzificadas ingresan a un motor de inferencia, en el cual se las hace pasar por la base de reglas y se obtiene como resultado un conjunto de valores de salida difusos. En una última etapa, el proceso de defuzzificación resulta en un conjunto de salidas duras.

Los dos algoritmos clásicos de implementación de CLD fueron desarrollados por Takagi-Sugeno (1985) y Mamdani (1977). Los controladores Takagi-Sugeno proveen una respuesta suave en sistemas en los que se cuenta con un conjunto de datos de entrada y sus salidas deseadas. Los controladores del tipo Mamdani, por otro lado, son muy adecuados para extraer información de expertos humanos en la operación de un sistema, sin la necesidad de conocer en detalle los parámetros dinámicos del mismo.



**Figura 3 - Diagrama en bloques de un Controlador por Lógica Difusa (CLD) (Panduru, Riordan y Walsh, 2014).**

## **2. Bases**

### **2.1. El Juego**

En el presente trabajo se muestra la implementación de un CLD del tipo Mamdani para el comportamiento de enemigos dentro de un SG. El juego elegido fue Power Down the Zombies, un SG creado por el Grupo de Investigación en Tecnologías Interactivas (GTI) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Se trata de un videojuego 3D del género acción-estrategia con elementos de survival y tower defense (Figura 4). Se lo categoriza como SG

con propósitos educativos, siendo el objetivo educativo que los jugadores comprendan la importancia del uso racional de la energía, de las fuentes de energía alternativa, de las magnitudes eléctricas y de los conceptos de seguridad.

La historia ficticia del juego se ambienta en un futuro apocalíptico cercano en el que un virus ha transformado a la mayor parte de la población humana en zombies. El jugador encarna un científico que, junto a un grupo de gente, se han fortificado en una estancia abandonada y está trabajando para encontrar una cura a la enfermedad. Como los zombies son sensibles a la luz, sólo atacan de noche, por lo que el escenario de día es en el que el jugador se encuentra a salvo y puede trabajar en la cura y el armado estratégico de defensas, consistentes en un perímetro de luces alimentadas por un conjunto de generadores. Es fundamental que el jugador conozca las características de los generadores y las lámparas para poder construir un sistema eficiente de defensa y así sobrevivir a los ataques nocturnos.



**Figura 4 - Una captura de pantalla de Power Down the Zombies. Durante la noche, el poder de las luces es la única defensa contra los ataques de los zombies.**

## **2.2. Biblioteca JS-Fuzzy**

El algoritmo de control difuso se implementó sobre la biblioteca de código abierto JS-Fuzzy, creada por Marco Lanaro. En esta biblioteca se accede a un algoritmo completo y listo para usar en Javascript. Su autor tomó dos decisiones fundamentales para favorecer la eficiencia del proceso: en primer término, la elección de funciones de membresía se limitó a formas

trapezoidales, mucho más livianas en cálculo que las sigmoideas y, en segundo término, se utilizó el Método de Combs (1997) para generar el conjunto de reglas de inferencia, lo que evita el incremento exponencial de reglas al aumentar el número de entradas.

### **3. Métodos**

#### **3.1. Fuzzificando el comportamiento enemigo.**

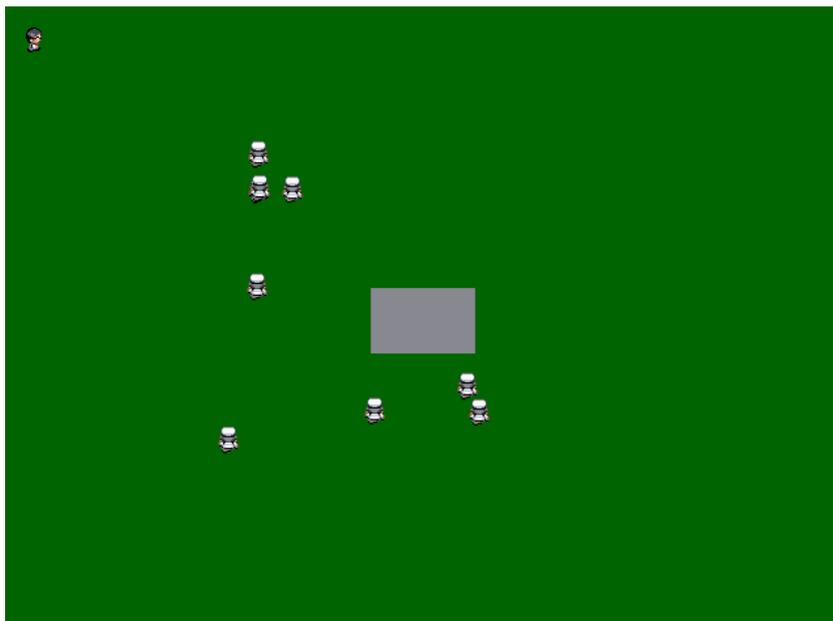
Para este trabajo se construyó una versión simplificada del juego original Power Down the Zombies en Javascript, de forma de poder centrar la atención en los comportamientos afectados por el controlador y agilizar el proceso iterativo de prueba y refinamiento. Se convirtió el mundo 3D original a 2D, con una cámara aérea fija, se utilizaron sprites sencillos para el jugador y los zombies, y la casa fue modelada como una región rectangular en el centro del terreno (Figura 5).

En primera instancia se modeló el proceso de toma de decisiones de los zombies como binario clásico: el enemigo puede dirigirse a la dirección del jugador o hacia la casa. La condición para tomar la decisión se mantuvo muy sencilla, dirigirse al que esté más cerca. Este modelo de IA, aunque muy básico, es bastante efectivo en la experiencia del juego ya que obliga al jugador a mantenerse alerta ante las posibles apariciones de zombies alrededor de la casa y evita que el jugador se mantenga apartado del terreno para finalmente ganar.

Sin embargo, con este algoritmo, el comportamiento de los agentes es muy predecible. Un jugador puede fácilmente “controlar” un zombie, acercándose a él para que lo siga y luego atraerlo a un área iluminada para que sea eliminado. Esto provoca que los zombies parezcan muy artificiales, disminuyendo el nivel de inmersión del juego.

Un CLD aplicado al movimiento de los zombies amplía la gama de posibilidades para las decisiones de adónde dirigirse. Los enemigos ya no están restringidos a perseguir al jugador o dirigirse a la casa sino que pueden decidir, en un momento determinado, seguir al jugador en un 0,8 e ir a la casa en un 0,3. Estos números son definidos por el algoritmo difuso y corresponden a los grados de pertenencia a cada conjunto difuso de la salida. A partir de estas cantidades se realiza un cálculo que determina la dirección del movimiento, la cual resultará en un punto intermedio entre la casa y el jugador.

Esta determinación es realizada en cada frame, a la vez que se actualizan las posiciones de los elementos del juego. Como las decisiones futuras serán afectadas por las posiciones pasadas, el sistema conforma un controlador de lazo cerrado. El hecho de que el algoritmo se ejecute en tiempo real, una vez por frame, requiere un especial énfasis en la eficiencia del mismo, para consumir la menor cantidad posible de recursos computacionales.

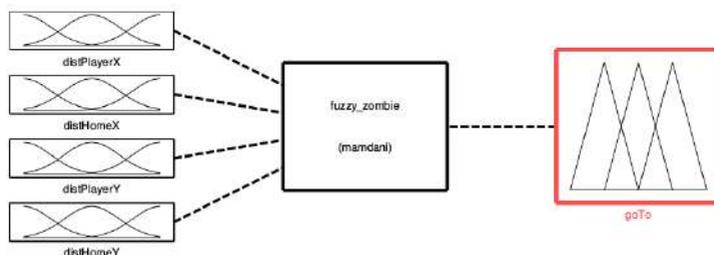


**Figura 5 - Una versión simplificada del juego Power Down the Zombies fue codificada en Javascript para evaluar el comportamiento del algoritmo difuso de movimiento.**

### 3.2. Diseño del Modelo Difuso

Para el diseño conceptual del Sistema de Inferencia Difusa se utilizó la Fuzzy Logic Toolbox del software de Mathworks MATLAB® (Figura 6).

Se utilizó una interfaz gráfica para visualizar en forma amena los componentes del sistema, sus variables, funciones de pertenencia, sistemas de reglas y simular el comportamiento ante variaciones de los parámetros de entrada.



**Figura 6 - Diagrama en bloques del controlador difuso, diseñado mediante la Fuzzy Logic Toolbox de MATLAB®**

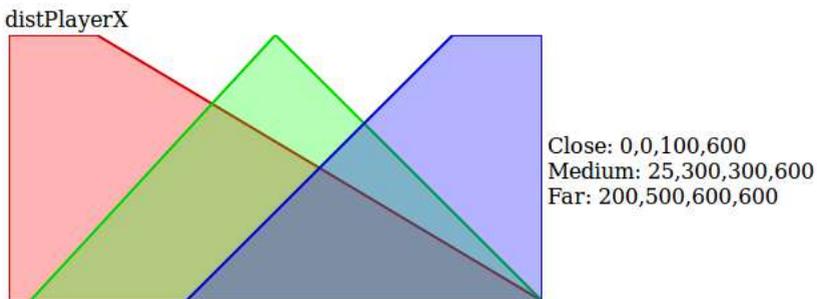
## Variables

El tamaño del terreno se estableció en 640 x 400 píxeles. Cada píxel corresponde a una celda en el mundo tridimensional del Power Down the Zombies original. La casa se modeló como una zona rectangular en el centro del terreno, cuyo punto central es el píxel (320,200).

Se consideraron 4 variables de entrada: la distancia horizontal (eje x) y vertical (eje y) entre el zombie y el jugador (denominadas *distPlayerX* y *distPlayerY*) y las distancias entre el zombie y la casa (*distHomeX* y *distHomeY*). Las distancias se midieron en píxeles. Debido al tamaño del terreno, la distancia entre el zombie y el jugador puede variar entre 0 y 640 píxeles en el eje x, y entre 0 y 400 en el eje y. Sin embargo, debido a que la casa está emplazada en el centro del campo, la distancia entre el zombie y la casa será a lo sumo 320 en el eje x y 200 en el eje y.

Se definieron tres conjuntos difusos para cada variable de entrada, denominados “Cerca”, “Medio” y “Lejos”. En todos los casos se utilizaron funciones de pertenencia del tipo trapezoidal, para disminuir la carga computacional de los procesos del algoritmo.

Como ejemplo, un gráfico de las funciones de pertenencia para la variable *distPlayerX* se muestra en la Figura 7.



**Figura 7 - Funciones de pertenencia para la variable de entrada *distPlayerX*.**

Se definió una única variable de salida llamada *goTo* con conjuntos difusos “Jugador” y “Casa”. El rango del conjunto soporte se tomó como un indicador genérico de porcentaje, de 0 a 100. De la misma forma que para las variables de entrada, se utilizaron funciones de pertenencia trapezoidales para ambos conjuntos.

### Conjunto de reglas

Se diseñó un conjunto de 12 (4x3) reglas, correspondiente a las combinaciones de las 4 variables de entradas con los 3 conjuntos difusos. Se definió como comportamiento en todas las variables que, si el valor es “Cerca” o “Medio”, el valor de la salida será apuntar al elemento respectivo. En cambio, si el valor es “Lejos”, el zombie se dirigirá al otro elemento. A manera de ejemplo, la siguiente regla indica que, si el zombie está cerca del jugador en el eje horizontal, entonces perseguirá al mismo:

*if distPlayerX is Close THEN goTo is Player*

### Salida

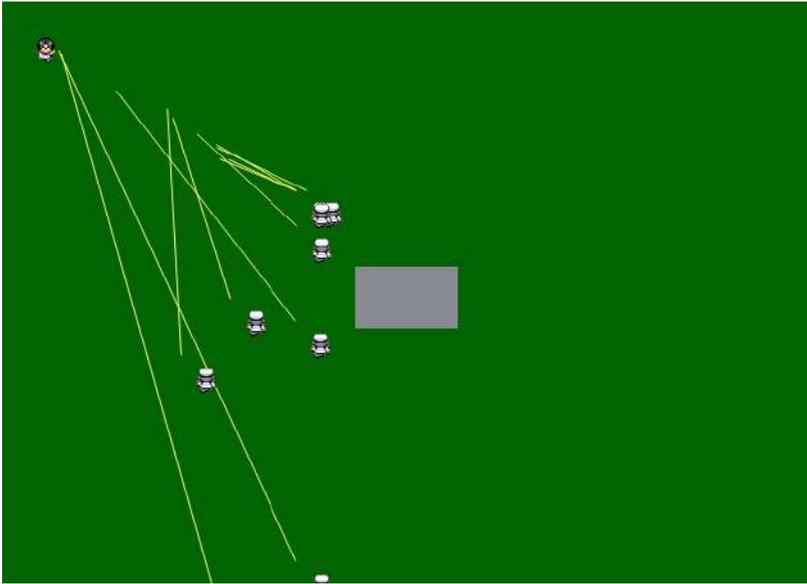
Para la implementación de este sistema se realizó una pequeña modificación a la biblioteca JS-Fuzzy, de modo que la función de ejecución del proceso retorne los valores de salida de cada conjunto difuso, sin realizar el proceso de defuzzificación que es habitual en este tipo de controladores.

Esto se hizo para tener acceso desde el ciclo principal del juego a los valores individuales entre 0 y 1 del grado en el que el zombie se debe dirigir al jugador (en la variable *fuzzy\_gotoPlayer*) y a la casa (*fuzzy\_goHome*). A partir de estas medidas, se evalúan las siguientes ecuaciones:

$$target.x = player.x * fuzzy_{gotoPlayer} + (house.x - player.x) * fuzzy_{goHome}$$

$$target.y = player.y * fuzzy_{gotoPlayer} + (house.y - player.y) * fuzzy_{goHome}$$

El efecto resultante es que los zombies tienden a bloquear el camino entre el jugador y la casa, un rasgo de comportamiento similar al humano, muy creíble, que aporta jugabilidad y mejora la experiencia de juego. En la Figura 8 se muestran las trayectorias calculadas para los zombies en un determinado instante y se visualiza el efecto de “bloqueo”.



**Figura 8 - Trayectorias proyectadas para los enemigos zombies en base a las salidas del controlador difuso. Se visualiza que los zombies tienden a “bloquear” el camino entre el jugador y la casa.**

#### **4. Resultados**

El objetivo principal de este trabajo ha sido evaluar las posibilidades de implementación de sistemas de control difuso en la inteligencia artificial de un SG. Para ello, se construyó un algoritmo de control difuso y se implementó en una simulación basada en un juego serio existente.

Un hecho de particular importancia es que el costo computacional del controlador fue mínimo, y configurable mediante un factor de velocidad de actualización de las decisiones tomadas por el controlador. En las pruebas se consideró una tasa de actualización de 5 veces por segundo.

De este modo, los controladores de lógica difusa se mostraron muy apropiados para su implementación en videojuegos serios. Los factores determinantes para su éxito resultaron ser, tanto su liviandad en el uso de recursos como la obtención de una metodología adecuada para implementar la caracterización del comportamiento humano, que habitualmente se describe en términos imprecisos (particularmente en los controladores de tipo Mamdani). Esta tecnología permite traducir estos rasgos deseados para los elementos del juego en términos algorítmicos aptos para su traducción a código funcional.

Para esta implementación particular de control de lógica difusa se requirió que el algoritmo entregue los valores de pertenencia a cada uno de los

conjuntos difusos de la variable de salida, sin realizar el proceso habitual de defuzzificación. Para ello, se debió efectuar una modificación a la biblioteca de funciones utilizada, que fue posible gracias a la existencia de la biblioteca de código abierto fuzzy.js. A su vez, la simplicidad y la correcta documentación de la biblioteca permiten que sea posible la migración del algoritmo a otros lenguajes y plataformas.

## **5. Conclusiones y trabajos futuros**

En este trabajo, se implementó exitosamente un controlador de lógica difusa en tiempo real para el control de toma de decisiones de un enemigo en un SG. En primera instancia se construyó un prototipo del juego serio manteniendo las características relevantes que permiten visualizar los efectos del algoritmo. En segundo lugar, los comportamientos resultantes fueron comparados con los obtenidos con la toma de decisiones tradicional.

Se implementó un motor de inteligencia artificial para la toma de decisiones, muy eficiente en términos computacionales y que, a su vez, resultó en un comportamiento creíble y enriquecedor de la experiencia de juego.

Los resultados de este trabajo demuestran el potencial de la lógica difusa en videojuegos serios.



***Esteban Zapirain***

*estebanzapirain@gmail.com*

*Ingeniero Electrónico de la UNMDP, cohorte 2014, y actualmente se encuentra iniciando sus estudios de posgrado en el Doctorado en Modelado y Simulación Computacional. Su tema de trabajo es la incorporación de técnicas emergentes de teoría de juegos en videojuegos serios.*

*Es integrante del Grupo de Investigación en Tecnologías Interactivas (GTI) de la Facultad de Ingeniería de la UNMDP. Dentro de este grupo, forma parte del Proyecto de Investigación "Tecnología e Innovación en Ambientes de Aprendizaje: Desarrollo y*

*Gestión".*

## Referencias

- Barr, A. y Feigenbaum, E. (1985). *The Handbook of Artificial Intelligence*. San Francisco, Estados Unidos: Morgan Kaufmann Publishers.
- Combs, W. (1997). *The Combs Method For Rapid Inference*. Recuperado de [http://athena.ecs.csus.edu/~hellerm/EEE222/Articles/Combs\\_Fuzzy\\_Logic/Combs\\_Rapid\\_Inference.htm](http://athena.ecs.csus.edu/~hellerm/EEE222/Articles/Combs_Fuzzy_Logic/Combs_Rapid_Inference.htm)
- Mamdani, E. H. (1977). Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. *IEEE Transactions on Computers*, 100(12), 1182-1191.
- Millington, I. (2006). *Artificial Intelligence for Games*. San Francisco, Estados Unidos: Morgan Kaufmann Publishers.
- Panduru, K. K., Riordan, D. y Walsh, J. (2014). Fuzzy Logic Based Intelligent Energy Monitoring and Control for Renewable Energy. En la *25<sup>th</sup> Irish Signals and Systems Conference (ISSC 2014)*.
- Takagi, T. y Sugeno, M. (1985). Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, 15, 116-132.
- Turing, A.M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, 433-460.
- Zadeh, L. A. (1990). Fuzzy Sets and Systems. *International Journal of General Systems*, 17(2), 129-138.
- Zapirain, E. y Massa, S. M. (2017). Applying fuzziness to enemy behavior in a serious game. En el *XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2017)*.

ISBN 978-987-544-808-7



Este libro se terminó de editar en el mes de noviembre de 2017, en la  
Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.  
Buenos Aires, Argentina