

Game Learning Analytics, Simplificando el Uso de Juegos Serios en la Clase

Calvo-Morata A., Alonso-Fernandez C., Freire M., Martínez-Ortiz I., Fernández-Manjón B.

Title— *Game Learning Analytics, Facilitating the Use of Serious Games in the Class*

Abstract— Serious games are still complex to deploy in classrooms for average teachers. Game Learning Analytics can help teachers to apply serious games, using data from students' in-game interactions to provide learning information. Many teachers do not see games as tools to improve their classes, particularly due to perceived loss of control when using games; so it is essential to retain their benefits while avoiding most of the deployment complexity. In this paper, we describe our experience using Game Learning Analytics to encourage the application and deployment of Serious Games in class as learning tools.

Index Terms— *serious games, learning analytics, game-based learning, educational data mining, stealth assessment*

I. INTRODUCCIÓN

ESTE trabajo es la versión en español del artículo publicado en IEEE-RITA, extendiendo el artículo publicado en la conferencia EDUCON 2019 [1]. En esta extensión, se ha incluido una nueva sección sobre casos de usos reales de aplicación de juegos serios, en los que se han puesto en práctica los pasos y las recomendaciones descritas en el artículo para fomentar la aplicación y simplificar el despliegue de juegos serios en la clase. Además, se han destacado algunas directrices para el uso de *Game Learning Analytics* (o analíticas de aprendizaje para juegos) y la aplicación de juegos serios como tareas para casa de los alumnos.

La naturaleza inmersiva y la atracción de los jóvenes hacia los juegos demuestra que estos son una herramienta prometedora y eficaz para el aprendizaje [2]. Este hecho ha aumentado el interés en los juegos serios, es decir, juegos cuyo propósito principal va más allá del entretenimiento [3]. Aunque normalmente su propósito principal es el aprendizaje de conocimiento, también existen juegos serios

que buscan aumentar la concienciación, o cambiar actitudes o comportamientos [4]. Los juegos serios se han desarrollado para su aplicación en distintas áreas (como la educación o el campo militar), donde han demostrado ser herramientas de aprendizaje muy efectivas [5]; sin embargo, pocos juegos han pasado por un proceso de validación formal en el que se verifique que cumplen los objetivos propuestos durante su diseño (como enseñar algún tema o mejorar alguna habilidad) [6]. Además, la mayoría de los juegos serios se han desarrollado o se han puesto en práctica en entornos controlados, donde el despliegue y la aplicación del juego se llevan a cabo por investigadores. Por tanto, son difícilmente escalables y aplicables en escenarios reales por personal no especialista. Un campo habitual de aplicación de los juegos serios es el ámbito educativo, donde los educadores utilizan los juegos como material adicional que proporcionan a sus alumnos para que jueguen durante la clase.

Sin embargo, llegado el momento de aplicar los juegos serios en sus clases, los educadores pueden sufrir diversos problemas (y no solo tecnológicos) que dificulten su tarea:

- Requisitos específicos de la tecnología o plataforma: algunos juegos requieren una plataforma específica como Android o MS Windows; y/o dispositivos especiales. No todos los centros educativos pueden cumplir estos requisitos tecnológicos que permitan aplicar los juegos con éxito.
- Duración media de juego: es importante distinguir si un juego está diseñado para utilizarse en una sesión corta de una o dos horas, o si está diseñado para utilizarse en varias sesiones durante el curso. Si la duración pretendida del juego es tal que no puede ajustarse a una sola sesión de clase, el diseño del juego deberá incluir dinámicas que faciliten la continuación del juego entre diferentes sesiones.
- Adaptación para usuarios con habilidades o necesidades especiales: por ejemplo, en el caso de un juego geolocalizado, si hay estudiantes con diversidad funcional físico motora, es posible que los educadores tengan que adaptar el juego, o incluso puede que su aplicación deba ser descartada por completo.
- Número de dispositivos: el número de dispositivos disponible para que los estudiantes jueguen puede ser limitado, y el juego puede no ser efectivo si se juega en grupo.

Antonio Calvo-Morata¹ [0000-0001-8701-7582], (e-mail:acmorata@ucm.es), Cristina Alonso-Fernández¹ [0000-0003-2965-3104], Manuel Freire¹ [0000-0003-4596-3823], Iván Martínez-Ortiz¹ [0000-0001-6595-5690] y Baltasar Fernández-Manjón¹ [0000-0002-8200-6216]

¹Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial, Universidad Complutense de Madrid, C/ Profesor José García Santesmases, 9. 28040 Madrid, España.

- **Habilidad insuficiente con los videojuegos:** los educadores pueden verse sobrepasados por sus estudiantes en cuanto al uso de tecnologías en general, y de videojuegos en particular, sintiéndose en ese caso incapaces de mantener el control de la clase.

Incluso si el juego cumple todos los requisitos para su aplicación en la clase, los educadores pueden encontrar dificultades en esa aplicación. Por ejemplo, los educadores pueden no estar familiarizados con la tecnología requerida por el juego, y pueden no sentirse seguros con su despliegue en clase. Puede ser necesario formar al profesorado y proporcionarles herramientas que les ayuden a aplicar los juegos en clase, así como indicarles las directrices sobre qué deben hacer tanto educadores como alumnos cuando estén utilizando el juego. Además, puede ser difícil para los educadores saber qué están haciendo los estudiantes mientras juegan, si están realmente aprendiendo o no, o cómo aplicar el juego en sus clases de manera adecuada para que sean más efectivos.

Para evitar estos problemas, es esencial que los desarrolladores de los juegos y los investigadores tengan en cuenta las necesidades específicas de los educadores durante las etapas de diseño y desarrollo de los juegos y que, además, intenten hacerlos más cercanos y accesibles a sus habilidades y conocimientos. En este sentido, los educadores no deberían necesitar ser expertos ni en juegos ni en tecnología para poder utilizarlos de manera efectiva. Asimismo, deberían saber qué están haciendo los estudiantes en cualquier momento en el juego, además de obtener información acerca de si están aprendiendo o no. Por otro lado, el juego debería cubrir los objetivos educativos bajo los que fue diseñado, de tal forma que los educadores puedan estar seguros de que dejar que sus estudiantes jueguen en clase es una actividad de aprendizaje adecuada. La consecución de todos estos condicionantes facilitaría la adopción de juegos serios por parte de los profesores y educadores.

Aunque se ha demostrado que el uso de juegos en clase beneficia a los estudiantes, esto no quiere decir que estos deban ser los únicos usuarios a tener en cuenta. Para promover el uso real de juegos en educación y que sean más efectivos, consideramos que es necesario aplicar un enfoque global, donde los educadores también sean una parte esencial ya que ellos controlan lo que ocurre en las clases y por tanto son los que deciden si van a aplicar juegos en ellas o no. Por ello, el que los educadores realmente entiendan y sepan cómo aplicar los juegos de manera efectiva puede afectar en gran medida o incluso determinar si un juego es aplicado en clase. Por tanto, consideramos que los educadores deben tener un rol activo en el ciclo de vida completo de estos juegos serios: desde su origen y diseño, validación inicial, aplicación en sus clases obteniendo información en tiempo real sobre su progreso y resultados, y la evaluación automática de los estudiantes basada en sus acciones en el juego. El rol de los profesores necesita ser activo en todas las fases, cuidando de los aspectos pedagógicos: planificando la sesión, mientras los alumnos juegan y después de completar las sesiones de juego [7].

Para proporcionar información que ayude a los educadores a entender que sucede mientras los alumnos juegan, es posible recoger datos de las interacciones que realiza el jugador,

aportando una visión más amplia sobre las acciones de los estudiantes en el juego. Los datos de *Learning Analytics* o analíticas de aprendizaje para juegos (también llamados *Game Learning Analytics*) pueden recogerse y analizarse para evaluar, validar y mejorar los juegos, pero también para ayudar a que los educadores eviten algunos de los problemas mencionados anteriormente.

El campo de *Game Learning Analytics* (GLA) se construye a partir de dos campos diferentes: *Game Analytics* (o analíticas de juego) y *Learning Analytics* (o analíticas de aprendizaje). El primero de ellos trata de la recogida de interacciones de jugadores con juegos en general, normalmente con el objetivo de medir la participación de los jugadores y la aceptación de los juegos [8]. Por otro lado, el segundo se centra en entender los procesos que siguen los jugadores/estudiantes cuando interactúan con diferentes sistemas de aprendizaje (como los cursos online masivos y abiertos -MOOCs- o los sistemas de gestión de aprendizaje -LMS-) [9]. El objetivo principal de los estudios que utilizan GLA es la evaluación de los jugadores, para diferentes usuarios, aunque su aplicación incluye objetivos muy diversos como la clasificación de los estudiantes por perfil [10].

La aplicación de GLA no disminuye la importancia del rol de los educadores durante la actividad, sino que la modifica del mismo modo que la actividad de aprendizaje también cambia [11]. Por tanto, la tecnología debe simplificar y no obstruir su trabajo en todas las fases del proceso: desde la validación inicial de los juegos, hasta la aplicación en clases donde se recogen datos en un sistema de analíticas para obtener información en tiempo real que muestre qué están haciendo los estudiantes mientras juegan, y, finalmente, ser capaces de evaluar a los estudiantes basándose en sus acciones en el juego.

La Fig. 1 resume estas etapas en las cuales los educadores o profesores se sitúan en el centro del proceso. Téngase en cuenta que el educador debería estar también involucrado en todas las etapas del diseño y desarrollo de un juego serio.

En las secciones siguientes, revisamos todas las etapas del ciclo de vida de un juego serio diseñado para su uso en clase, centrándonos en las tareas de los educadores y en cómo los datos de *Game Learning Analytics* pueden simplificar

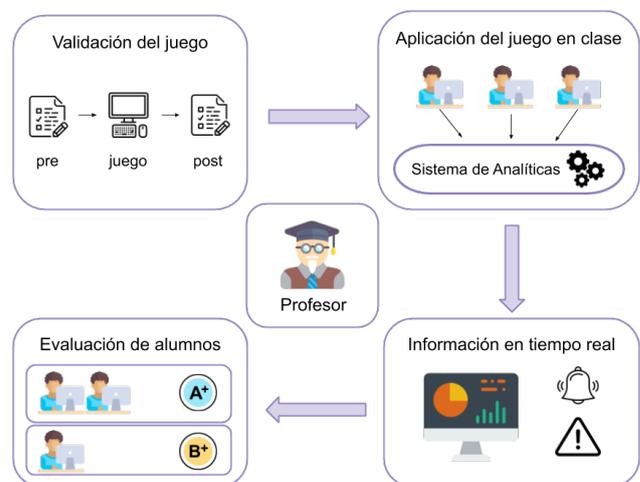


Fig. 1. Interacción de los profesores con los juegos serios: desde la validación del juego, su aplicación en clase, obtención de información en tiempo real y evaluación de sus estudiantes.

su uso de esta tecnología en las clases. El resto de este artículo está estructurado de la siguiente forma. La Sección 2 describe algunas de las consideraciones y pasos para validar formalmente los juegos serios. La Sección 3 se centra en la aplicación de juegos en clases, incluyendo qué deben hacer los educadores antes para preparar la actividad, qué información pueden obtener mientras los juegos se están aplicando, y qué tienen que hacer después de que la aplicación se ha terminado. La Sección 4 propone una aplicación adicional en la que los datos de analíticas de aprendizaje pueden utilizarse para ayudar a los educadores a evaluar a los estudiantes basándose en sus interacciones con el juego. En la Sección 5, se revisan tres escenarios en los que hemos utilizado juegos serios para los usos descritos en las Secciones 2, 3 y 4. Finalmente, la Sección 6 resume las conclusiones principales de nuestro trabajo y señala algunas limitaciones.

II. VALIDACIÓN FORMAL DE JUEGOS SERIOS

Para asegurar que los juegos cumplen sus objetivos educativos, el primer paso es que sean validados formalmente. La manera más ampliamente aceptada y comúnmente utilizada de validar los juegos serios es la realización de los experimentos pre-post que consisten en tres fases: primero, los estudiantes completan un cuestionario antes de jugar (pre-test), a continuación los estudiantes juegan al juego de principio a fin, y finalmente, después de completar el juego, rellenan un cuestionario final (post-test) [12]. El pre-test y el post-test habitualmente contienen un mismo (sub)conjunto de preguntas. El objetivo es que estos cuestionarios evalúen a los jugadores antes y después de jugar en relación a una o varias características, las cuales dependen del propósito del juego serio incluyendo, por ejemplo, conocimiento, actitud o conciencia. Los resultados en ambos cuestionarios se comparan posteriormente para determinar si el aumento en la característica específica del jugador es estadísticamente significativo. Si es así, dado que entre ambas mediciones la única intervención es el juego, se puede concluir que el aumento en dicha característica se debe al efecto del juego y, por tanto, el juego queda formalmente validado. Hay múltiples ejemplos en la literatura que utilizan esta metodología para validar juegos serios, incluyendo, por ejemplo: un juego para niños con autismo para aprender emociones [13], un juego para pacientes para gestionar el dolor después de una cirugía [14] *user experience, and efficacy of the game. Methods: A computer game was developed by an interdisciplinary team following a structured approach. The usability, user experience, and efficacy of the game were evaluated using self-reported questionnaires (AttrakDiff2, Postoperative Pain Management Game Survey, Patient Knowledge About Postoperative Pain Management questionnaire o un juego para aumentar la conciencia sobre el acoso y el ciberacoso [15].*

También es importante tener en cuenta la forma en la que el juego va a ser jugado y en qué plataformas, tanto en la fase de diseño como en la de validación del juego. No todos los centros educativos tienen acceso al mismo tipo de dispositivos ni en la misma cantidad. Por ejemplo, habrá casos en los que el educador necesitará juegos para dispositivos móviles y que se puedan jugar en pareja, en otros casos necesitará que sean para ordenador y jugados individualmente.

En la fase de validación, los cuestionarios proporcionan una medida de cuánto saben los estudiantes acerca de un tema

antes y después de jugar al juego. Para asegurar la equidad y mejorar el proceso de validación, los investigadores deben entregar a los profesores los resultados y la información sobre cómo evaluar la efectividad del juego. El pre-test puede servir como punto de partida para luego comparar con el post-test, pero también puede utilizarse como un cuestionario de evaluación para medir el conocimiento del tema de los jugadores/estudiantes. Después de jugar, el post-test puede mostrar a los educadores el efecto de la aplicación del juego y cuánto saben los estudiantes después (y, si el juego es efectivo, también cuándo han aprendido los estudiantes jugando). La validación propiamente puede ser llevada a cabo de manera sencilla durante una sesión de clase en la que los educadores entreguen los cuestionarios a los alumnos antes y después de jugar el juego y recojan sus resultados.

Si es posible, la validación del juego debería realizarse en todas las plataformas posibles con las que sea compatible. Por ejemplo, no es igual jugar en una tableta que en un ordenador, y esta diferencia puede tener un efecto en el aprendizaje y la experiencia del jugador final [16].

El proceso de validación descrito, sin embargo, asume que existe un cuestionario aceptado que mide la característica específica (por ejemplo, conocimiento) que cubre el juego. Pero esta suposición puede fácilmente no cumplirse, ya que existen pocos cuestionarios validados o que se hayan creado para juegos serios [17]. Si no existe un cuestionario aceptado para validar el juego, la complejidad del proceso aumenta ya que, antes de nada, el cuestionario debe crearse y también validarse. Una vez que el juego ha sido formalmente validado, puede aplicarse en otras clases ya que se ha probado que es efectivo.

En este proceso de validación, las analíticas de aprendizaje para juegos (GLA) pueden aportar una visión más amplia sobre los progresos y los resultados de los jugadores. Los datos recogidos de las interacciones de los usuarios con el juego pueden ayudar a mejorarlo y a validar el diseño del juego; por ejemplo, encontrando errores, destacando aspectos a mejorar, y comprobando que el tiempo para completar el juego y las interacciones están alineadas con las expectativas de los desarrolladores. Para este propósito, la herramienta Simva [18], [19] puede ser de gran ayuda, ya que fue creada para facilitar estos experimentos de validación con juegos serios. Entre sus características, Simva gestiona la creación de los cuestionarios y su asignación a clases de estudiantes, la creación y anonimización de los estudiantes, y la recogida y almacenamiento tanto de los cuestionarios como de los datos de interacciones con el juego.

III. APLICACIÓN DE JUEGOS EN CLASE

Después de la fase de validación formal, el juego serio se aplicará en escenarios reales. Estos escenarios pueden incluir, por ejemplo, que el juego se utilice como deberes o como una actividad adicional y opcional a realizarse en casa. Otra posibilidad es que los juegos se utilicen como una herramienta de aprendizaje en una sesión de clase con al menos un educador supervisando la actividad. Si el juego se juega con conexión a internet y enviando datos a un sistema de analíticas, los educadores pueden recibir información una vez que las partidas se hayan completado. Esta información puede incluir si los estudiantes han aprendido o no, si han

tenido algún problema jugando o incluso puede servir para evaluar a los estudiantes en base a sus acciones en el juego.

Como tarea para casa, el juego puede utilizar GLA para enviar al profesor un informe del progreso de cada usuario, de tal forma que el profesor sepa qué estudiantes han jugado y/o completado el juego. En este escenario, la información relevante de GLA puede incluir los problemas más comunes o las fases en las que los estudiantes se han detenido, el tiempo total que han jugado, o los resultados o aprendizaje que han conseguido. La aplicación de GLA en estos casos permite al profesor conocer el progreso de sus estudiantes en todo momento si tienen internet en casa.

A la hora de aplicar los juegos en clase, es esencial que los educadores tengan un conocimiento detallado del contenido y de las mecánicas del juego que se están aplicando. Como punto de partida, sería ideal que los educadores hayan jugado al juego antes de aplicarlo con sus estudiantes. Aunque algunos puedan no considerarlo útil, ya que normalmente no formarán parte del público objetivo del juego, el hecho de jugar el juego puede aportarles mucha información sobre las situaciones a las que se enfrentarán sus estudiantes cuando jueguen. Aunque consideramos que jugar al juego es esencial, solo jugando puede que los educadores no obtengan toda la información sobre el propósito de cada parte del juego, las decisiones de diseño, etc. Para complementar la experiencia de juego, es extremadamente conveniente que exista un manual del juego para los educadores, de tal forma que puedan tener todos los detalles del juego para simplificar su aplicación en clase y, además, también para mostrarles las razones que justifican el diseño de juego y las mecánicas. El manual para los educadores puede cubrir, entre otros aspectos: las instrucciones para descargar (si es necesario) e instalar el juego; requisitos para su aplicación; objetivos que el juego pretende conseguir; detalles sobre el contenido del juego (por ejemplo, niveles o días en el juego, retos o tareas a completar, minijuegos incluidos, personajes incluidos, soluciones o pistas de retos incluidos en el juego, etc.); información adicional sobre la temática general que trata el juego (por ejemplo, para utilizarse en una discusión con los estudiantes después de jugar, o para aportarles información adicional complementaria al contenido del juego); instrucciones para los estudiantes; una lista de preguntas frecuentes a la hora de aplicar el juego, etc. Algunos ejemplos de la literatura en los que los educadores han recibido un manual a la hora de aplicar juegos en clase para ayudarles en sus tareas son [20] o [21].

Una vez que los educadores se han familiarizado con el contenido y las mecánicas del juego, se habrá logrado un primer paso para simplificar la tarea de los educadores aplicando juegos. A partir de este conocimiento, será ahora mucho más sencillo para ellos aplicar el juego en sus clases, ayudando a los estudiantes que lo necesiten y siendo conscientes de a qué se están enfrentando sus alumnos en el juego. Sin embargo, puede ser necesario un paso más para que los educadores mantengan el control de lo que ocurre en sus clases cuando aplican juegos. Como los estudiantes normalmente jugarán de manera individual, cada estudiante estará pasando por diferentes situaciones en cada momento, de tal forma que será difícil para los educadores saber qué está haciendo cada estudiante en un momento dado, o que el apoyo que puedan dar durante la sesión de juego no pueda ser

efectivo debido a la falta de contexto en las acciones llevadas a cabo por el estudiante. Esto puede reducir la confianza de los educadores a la hora de aplicar juegos en sus clases, ya que pueden sentir que pierden el control de lo que hacen sus estudiantes. Para evitar esta percepción, es esencial que los educadores obtengan una información suficientemente completa mientras los estudiantes juegan.

Cuando se recogen datos de interacción, debe asegurarse también la equidad. Si los desarrolladores o investigadores están recogiendo datos para mejorar el diseño o el despliegue del juego, también los usuarios finales involucrados en este proceso, principalmente los educadores y los estudiantes, deben obtener un beneficio claro del uso de esta tecnología. Por tanto, los estudiantes deben obtener una experiencia de aprendizaje mejor y más auténtica, mientras los profesores deben mantener el control de sus estudiantes obteniendo información en tiempo real sobre cómo están jugando al juego o incluso datos que puedan contribuir a su evaluación final. Para los estudiantes, la equidad también puede asegurarse si las oportunidades educativas se otorgan de acuerdo a los niveles de habilidad de los estudiantes [22].

A. Información en tiempo real para los educadores

Un paso más para simplificar la tarea de los educadores cuando aplican juegos en los centros educativos es asegurar que no pierden el control de sus estudiantes mientras estos juegan. Una forma sencilla de dar información a los educadores sobre lo que están haciendo los estudiantes en sus partidas de juego es con algún tipo de representación gráfica que agregue todos los datos de analíticas de aprendizaje para juegos (GLA) que se recogen de la partida de cada estudiante. Esta información visual puede mostrarse como un cuadro de mandos, donde se combinan varias visualizaciones para proporcionar una visión general de la clase. También es útil si este cuadro de mandos puede filtrarse por estudiante, de tal forma que los educadores también puedan ver información de estudiantes concretos u obtener información más detallada sobre algún alumno en particular, en caso de ser necesario. El cuadro de mandos debe recolectar los datos de las interacciones de los estudiantes con el juego y mostrar la información derivada de estos datos en tiempo casi-real de tal forma que los educadores puedan ver la situación actual de sus estudiantes. La información mostrada puede incluir: en qué parte del juego están los estudiantes en cada momento, caminos elegidos, progreso, acciones en el juego, respuestas, puntuaciones, tiempos, completitud, etc. Por ejemplo, la Fig. 2 muestra un cuadro de mandos de ejemplo para profesores incluyendo (de izquierda a derecha, y de arriba a abajo): número total de jugadores activos, para verificar que todos los estudiantes están jugando; porcentaje de jugadores que han alcanzado cada final del juego, para saber si todos han llegado al final más deseable o no, lo que puede depender de sus acciones en el juego; número de jugadores que han pasado por cada día en el juego, para saber el progreso general de la clase en cuanto a número de niveles o días completados en el juego; número de escenas completadas por cada jugador, para saber el progreso concreto de cada estudiante; y el valor de una métrica del juego (por ejemplo, nivel de amistad con un personaje del juego) para cada estudiante, lo que puede proporcionar una visión más profunda sobre las acciones tomadas en el juego.

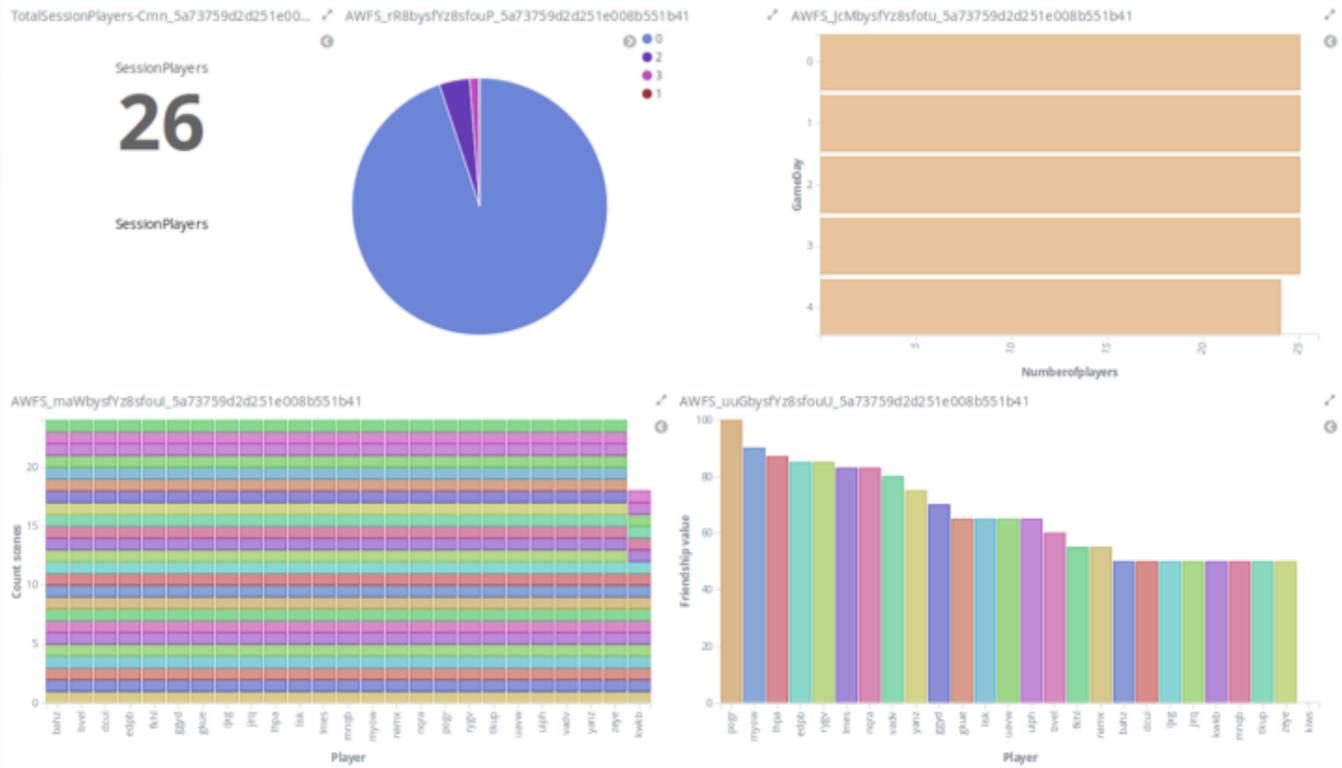


Fig. 2. Ejemplo de cuadro de mandos mostrando información para los profesores mientras los juegos se utilizan en clase.

Un mecanismo adicional que puede ayudar a los educadores mientras aplican juegos, son los mensajes de alerta o aviso [23]. Estos mensajes se pueden configurar antes de la sesión de juego (o estar pre-configurados por el equipo de desarrollo del juego) de tal forma que estén definidas las condiciones bajo las cuales cada alerta o aviso específico se activará. Cuando están condiciones se cumplan, el mensaje de alerta o aviso se mostrará al educador, junto con el identificador del estudiante que lo ha activado. Con estos mensajes definidos, puede notificarse a los educadores en tiempo casi-real cuando ocurran situaciones específicas que puedan requerir su atención inmediata. Este sistema puede utilizarse tanto para que los educadores ayuden a los estudiantes que encuentren problemas en sus partidas y no puedan continuar, como para que proporcionen tareas adicionales a aquellos estudiantes que avancen demasiado rápido y terminen el juego antes de lo esperado. Este método mejora también la equidad ya que todos los estudiantes, independientemente de su velocidad o habilidad particular para completar el juego, pueden beneficiarse de la actividad sin perder tiempo quedándose atascados en el juego o terminándolo demasiado pronto.

No obstante, para poder implementar el mecanismo de apoyo anteriormente descrito, es necesario que las interacciones llevadas a cabo por los estudiantes en el juego necesitan recogerse siguiendo algún formato de datos estándar que se pueda usar para definir y poblar las visualizaciones. En nuestra propuesta, utilizamos el perfil de Experience API para juego serios (xAPI-SG) [24] que estandariza la colección de datos para interacciones realizadas en juegos serios. Siguiendo las definiciones de este perfil, es recomendable proporcionar un conjunto de visualizaciones por defecto para profesores que cubra los escenarios más comunes sin que

requiera información adicional ni configuración por parte de los profesores [25].

B. Actividades después del juego

Cuando se aplican juegos en clase, es también muy recomendable dejar algún tiempo después de las partidas para los educadores. Así, después de que los estudiantes hayan completado sus partidas en el juego, los educadores pueden plantear una actividad posterior a la intervención. Cada juego puede tener una actividad posterior asociada con él, dependiendo de su objetivo. Es importante que los juegos proporcionen las herramientas necesarias para que los profesores puedan sacarles provecho y relacionarlos con el contenido curricular:

- La actividad posterior al juego puede ser una simple discusión o sesión de seguimiento, de tal forma que el juego es la herramienta que causa esa discusión. Esta discusión en clase después del juego es esencial para promover la reflexión [26] en un clima abierto en el que los estudiantes puedan compartir sus experiencias y sentimientos jugando al juego.
- Los educadores pueden utilizar este tiempo después de la actividad para ayudar a los estudiantes a relacionar el contenido del juego con el mundo real e incluir información adicional que complemente la partida. Por ejemplo, si el propósito del juego es aumentar el conocimiento, los educadores pueden proporcionar información adicional requerida en el plan de estudios y no cubierta en el juego, o revisar los principales aspectos que deben recordar. En el caso de juegos para cambiar actitud o crear conciencia, la discusión posterior al juego puede utilizarse para revisar los contenidos del juego, extraer conclusiones y compartir las situaciones

mostradas en el juego con aquellas con las que los estudiantes estén familiarizados.

Los educadores pueden proporcionar a los jugadores algunos ejercicios en los que puedan aplicar el contenido que han aprendido en el juego. Estos ejercicios pueden ser escritos (por ejemplo, un test o tareas para casa) u orales (por ejemplo, algún juego de rol), y pueden incluso utilizarse para evaluación. Como se ha mencionado anteriormente, el manual para los educadores puede incluir algunas ideas para esta actividad posterior al juego. Por ejemplo, en [27] los profesores revisaron los conceptos clave del juego después de la actividad para fijar el aprendizaje y conectar el contenido del juego con el plan de estudios.

La Fig. 3 resume las actividades de los educadores durante las diferentes fases: antes, durante y después de la aplicación de juegos en clase. Antes de jugar al juego los educadores leen la guía para los educadores y juegan al juego; durante la sesión supervisan las acciones de los estudiantes en el juego y su progreso mediante elementos visuales, alertas y avisos; y después del juego guían la discusión y ayudan a los estudiantes a relacionar el contenido del juego con el plan de estudios.

IV. EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES BASADA EN INTERACCIONES CON EL JUEGO

El último paso en la aplicación de los juegos serios por parte de los educadores, es el relativo al uso de los juegos serios como herramienta de evaluación formal y automática de sus estudiantes en base a sus acciones en el juego. Un método habitualmente utilizado para evaluar a los estudiantes sigue la misma estructura que el utilizado a la hora de validar el juego: el conocimiento de los jugadores se mide antes y después de jugar, con los cuestionarios pre- y post-, y la diferencia entre los resultados en ambos cuestionarios muestra cuánto han aprendido los estudiantes mientras jugaban. Si el resultado obtenido en el post-test es mejor que el obtenido en el pre-test, podemos inferir que los estudiantes han aprendido mientras jugaban al juego. Aunque este es un método efectivo para evaluar el aprendizaje, consideramos que no es eficiente. Los jugadores tienen que completar el mismo cuestionario dos veces (ya que el pre-test y el post-test contienen el mismo conjunto de preguntas para poder compararlos) – además de jugar al juego, que es lo que la mayoría de estudiantes preferirían hacer antes que rellenar cuestionarios. Este método también restringe el tiempo para jugar al juego, así como el tiempo que queda después de que los estudiantes hayan terminado de jugar para que los educadores comenten

su contenido o proporcionen información adicional sobre el tema en caso de ser necesario. Además, los cuestionarios deben prepararse por adelantado, lo que requiere tiempo y esfuerzo, y todos los resultados en ambos pre-test y post-test tienen que revisarse para evaluar a los estudiantes.

Por todas estas razones, consideramos que el método de pre-post puede mejorarse utilizando los datos de analíticas de aprendizaje recogidos de las interacciones en el juego. Siguiendo algunos de los aspectos que se han realizado en el campo del *stealth assessment* (o la evaluación no disruptiva) [28], nuestra propuesta consiste en predecir el conocimiento después de jugar (como habitualmente se mide con el post-test) basado en las acciones que los jugadores llevan a cabo en el juego. Para hacer esto, el primer paso es crear los modelos de predicción que tomen como entrada los datos de interacción y den como resultado una predicción del conocimiento del estudiante. La fase de validación del juego proporciona una gran oportunidad para crear los modelos que puedan predecir de manera precisa los resultados del post-test basándose en los datos de las interacciones de los jugadores con el juego. En esta fase, tenemos los resultados reales de los cuestionarios, de tal forma que podemos entrenar los algoritmos y evaluar su precisión con los datos de validación (por ejemplo, aplicando validación cruzada, todos los datos recogidos pueden utilizarse tanto para entrenar como para validar los modelos predictivos).

Una vez que hayamos desarrollado modelos suficientemente precisos, y seleccionado el más prometedor, podemos utilizarlo como método de evaluación para los estudiantes que jueguen al juego una vez validado. En este caso, el modelo creado tomará de nuevo como entrada la información de las interacciones de los estudiantes con el juego y a partir de ellas creará una predicción del conocimiento de los estudiantes después de jugar. Este método evita tener que realizar de nuevo el post-test: los estudiantes completan el pre-test (si es necesario), a continuación juegan al juego y, una vez que han terminado de jugar, recibirán automáticamente una puntuación que representa su predicción de conocimiento después de jugar. La puntuación así obtenida será el resultado de aplicar el modelo predictivo a los datos recibidos de la partida del estudiante. Puede ser también necesario incluir el pre-test como entrada del modelo de predicción, lo que permite medir cuánto conocimiento se ha obtenido basado en el conocimiento anterior de los estudiantes, medido con el pre-test. Idealmente, también buscaremos evitar el pre-test, para que los modelos de predicción puedan predecir la puntuación en el post-test basándose únicamente en los datos de interacción. En este caso, el tiempo para jugar el juego y el tiempo restante para el educador pueden extenderse aún más ya que no será necesario realizar ni el pre-test ni el post-test.

Como en el caso de obtener información en tiempo real mientras los juegos se aplican en clase, la propuesta descrita con modelos de predicción se basa en el hecho clave de que todos los datos recogidos de las interacciones de los estudiantes deben seguir un formato de datos estándar. Este formato de datos estándar se utiliza como el formato para la entrada recibida en los modelos de predicción. De nuevo, en nuestra propuesta, utilizamos el perfil aceptado y estandarizado de xAPI-SG para capturar las interacciones de juegos serios. Siempre que las interacciones con el juego se capturen siguiendo este estándar, consideramos que nuestra



Fig. 3. Actividades de los profesores antes, durante y después del uso de juegos en sus clases.

propuesta podría ser más generalizable que la evaluación no disruptiva, ya que una vez que los modelos de predicción se han creado en la etapa de validación, no se requiere ninguna característica específica del juego para poder evaluar a los estudiantes.

V. CASOS REALES

Como se ha visto en las secciones anteriores, los educadores tienen un papel clave que afecta al diseño, desarrollo y despliegue de los juegos serios. Su papel es especialmente relevante para aquellos juegos enfocados a utilizarse en clase, ya que los educadores son los que van a decidir si los utilizan o no como herramienta de aprendizaje para sus estudiantes. En esta sección, describimos tres experiencias en las que hemos puesto en práctica los diferentes puntos expuestos anteriormente en escenarios reales con dos juegos serios distintos. El primer juego serio utilizado es Conectado, una aventura gráfica que pone al jugador en la piel de una víctima de ciberacoso con el objetivo de concienciar a los jóvenes sobre el acoso así como de crear empatía hacia las víctimas. El segundo juego serio utilizado es First Aid Game, una simulación con estructura narrativa que busca enseñar a los jugadores técnicas de primeros auxilios en tres situaciones de emergencia distintas.

A. Validación formal de un juego serio

Conectado es un juego serio diseñado para ser aplicado por profesores en sus clases. Es importante validar que cumple su objetivo, que es crear conciencia sobre el acoso, pero también validar su aplicabilidad en una clase y recoger la opinión de los profesores. El juego fue validado en varios experimentos sobre escenarios reales que probaron también su efectividad en clases de distinto tamaño y con equipos muy diferentes.

El primer paso para la validación del juego fue evaluar su efectividad y utilidad para sus jugadores objetivo. Para este propósito, se llevaron a cabo experimentos de validación con 257 jóvenes de 12 a 17 años. El segundo paso fue validar la aplicabilidad en clase y recoger opiniones y comentarios de los profesores acerca del juego. Para esta validación, 93 profesores y 113 estudiantes de carreras de educación participaron en experimentos para probar el juego y dar su opinión. Los detalles completos de estos dos pasos de validación y sus experimentos respectivos pueden encontrarse en [15] y [29].

En los experimentos anteriores, las analíticas de aprendizaje para juegos (GLA) se utilizaron para medir el tiempo que tardaron los jugadores en completar el juego, ya que uno de los requisitos era que una partida completa del juego no debía durar más de una sesión estándar de 50 minutos. También se recogieron datos de todas las interacciones para evaluar si los jugadores se quedaban atascados en alguna escena en particular o si pasaban mucho tiempo sin interactuar con el juego, lo que podía indicar un bajo nivel de implicación. Finalmente, a través de las GLA, se recogieron las elecciones realizadas por los jugadores en cada uno de los diálogos y en el final del juego para evaluar si el nivel de concienciación antes y después de jugar estaba relacionado con estas interacciones, aunque no se ha encontrado una relación clara por el momento.

Además de los datos de GLA recogidos, se utilizaron un cuestionario inicial y uno final para evaluar la concienciación

de los jugadores sobre el acoso antes y después de jugar, además de su opinión sobre la experiencia.

B. Aplicación de un juego serio en clase

Conectado es un juego serio abierto y gratuito para ser utilizado como herramienta en clase por un profesor o un grupo de profesores. El juego pretende aumentar la conciencia sobre el acoso, pero no solo eso, sino que también pretende suscitar un debate sobre la experiencia obtenida por los jugadores. Este debate de reflexión debe ser guiado por el profesor, y es importante que el profesor vea el videojuego como una herramienta que puede adaptarse de distintas formas en las dinámicas de clase. Para hacer esto, se creó una guía del profesor que explica cada característica del juego y cómo aprovecharlas.

La guía proporciona a los profesores todos los detalles sobre cada fase del juego y los eventos que ocurren en cada fase. Para cada uno de estos eventos, la guía explica los temas relacionados con el acoso del que trata y cómo se pueden utilizar para desencadenar la reflexión de los jugadores después de la sesión de juego. Además, la guía contiene una sección resumiendo la terminología sobre el acoso y los juegos serios, una sección de preguntas frecuentes para resolver algunos de los problemas comunes que encuentran los profesores cuando usan Conectado, y otra sección sobre la instalación del juego.

Debe mencionarse que tanto el juego como la guía han sido utilizados por un asesor académico en un colegio donde pudimos acudir como observadores para observar las diferentes sesiones. De esta forma, pudimos verificar que los profesores del colegio eran capaces de desplegar y utilizar el juego satisfactoriamente como herramienta, adoptándola por completo como propia. Además, el asesor también fue capaz de usar y aplicar estos recursos para llevar a cabo una sesión de reflexión en la que combinó actividades propuestas en la guía con otras actividades y recursos diferentes.

En este escenario, el rol de GLA fue secundario, siendo principalmente utilizado para verificar que todos los estudiantes estuviesen jugando e interactuando con el juego.

C. Evaluación de los estudiantes con un juego serio

First Aid Game es una simulación con forma de juego que pretende enseñar maniobras de primeros auxilios a jugadores entre 12 y 16 años en tres situaciones: dolor torácico, atragantamiento, e inconsciencia. El juego presenta cada situación como un nivel diferente que los jugadores deben completar con éxito. En cada nivel, los jugadores encuentran diferentes situaciones en las que deben elegir entre diferentes cursos de acción posibles, presentados de forma visual o como preguntas de múltiple respuesta. También está disponible un teléfono en el juego para llamar a los servicios de emergencia simulados.

El juego fue validado previamente mediante experimentos pre-post utilizando un grupo de control que acudió a una demostración teórico-práctica realizada por un monitor. Este experimento de validación, descrito en detalle en [30], demostró que el juego era efectivo y que los jugadores aumentan su conocimiento de primeros auxilios como resultado de jugar al juego. Más recientemente, hemos realizado un nuevo conjunto de experimentos [31], [32]

recogiendo datos tanto de cuestionarios pre-post como de interacciones GLA de 227 estudiantes de entre 12 y 16 años.

Con los datos de interacción capturados, creamos diferentes modelos de predicción para predecir la puntuación del post-test de los jugadores (es decir, su conocimiento después de jugar). Para predecir categorías aprobado-suspense, entrenamos modelos utilizando regresión logística, árboles de decisión y el clasificador bayesiano Naïve Bayes, mientras que para predecir la puntuación exacta del post-test entrenamos modelos utilizando regresión lineal, árboles de regresión y máquinas de vectores de soporte para regresión. Los modelos resultantes mostraron una exactitud muy alta para las predicciones, con más de un 98% de exhaustividad y 89% de precisión para los mejores modelos obtenidos para predecir aprobado-suspense, y un error medio de 1.4 puntos para los mejores modelos para predecir la puntuación. Los modelos predictivos mostraron una exactitud similar cuando se excluía el pre-test de la entrada de los modelos.

El papel de GLA fue, por tanto, esencial para la evaluación de los estudiantes, ya que las variables más relevantes de los modelos predictivos obtenidos estaban relacionados con la información de analíticas de aprendizaje para juegos. En particular, algunas de las variables con mayor poder predictivo estaban relacionadas con la puntuación obtenida en alguno de los niveles del juego o con el número de interacciones con el personaje principal del juego.

VI. CONCLUSIONES

Todavía queda mucho trabajo por hacer para mejorar y ampliar la presencia de juegos en educación. Los educadores son la llave para promover la aplicación de juegos en escenarios educativos reales. Sin embargo, no puede esperarse que los educadores sean expertos en el uso de la tecnología. Por ello, para simplificar la aplicación y el despliegue de juegos por parte de los educadores, los juegos deben proporcionar un beneficio claro en cuanto a su utilidad; así como proporcionar las herramientas necesarias para simplificar la tarea de los educadores.

Primero, los juegos deben validarse formalmente con un método aceptado, como los experimentos pre-post. Después de que un juego se ha validado formalmente, los educadores necesitan entender el contenido y las mecánicas del juego para poder utilizarlo de forma efectiva en sus clases. Para ello, la experiencia previa de haber jugado ellos mismos, así como de haber leído el manual de juego o la guía de profesores puede ser de gran ayuda.

Cuando los estudiantes están inmersos en la actividad de juego, el proporcionar una rápida información visual puede ayudar a los educadores para mantener el control del progreso de los alumnos con poco esfuerzo y de forma no intrusiva. Pueden utilizarse alertas o avisos para notificar a los educadores sobre situaciones específicas que pueden requerir su intervención. Finalmente, los datos de analíticas de aprendizaje para juegos pueden ser una forma más directa de evaluación que no se basa en una medida externa sino en las acciones que realmente se han tomado en el juego. Modelos de predicción creados en la fase de validación del juego pueden proporcionar automáticamente una evaluación del conocimiento de los estudiantes después de jugar al juego, en base a sus datos de interacción.

Las tres experiencias descritas han mostrado diferentes aplicaciones de juegos en escenarios del mundo real. La validación formal y la aplicación en clases de un juego serio (Conectado) ha mostrado como los experimentos pre-post pueden complementarse con datos de GLA para proporcionar información más completa y mejorar el juego; mientras que el uso de un manual de juego para apoyar a los profesores ha demostrado ser esencial para ellos a la hora de entender por completo y sentirse cómodos con la herramienta de aprendizaje que van a utilizar con sus estudiantes. La evaluación de los estudiantes mediante la predicción del aprendizaje mostrada en nuestra tercera experiencia (First Aid Game) proporciona un enfoque para evaluar a los estudiantes en base a sus interacciones en el juego, pasando de los clásicos cuestionarios pre-post a la información más rica que proporcionan los datos de interacción de GLA.

Sin embargo, este modelo de aplicación para juegos serios presenta ciertas limitaciones y requisitos que necesitan considerarse. Primero, pueden aparecer problemas tecnológicos antes o durante el despliegue en los colegios. Si la recogida de datos de GLA depende de enviarlos a un sistema de analíticas externo, entonces ésta confía en una conexión a internet de los colegios que puede fallar. El sistema de analíticas también debe ser fiable y estar preparado para manejar los datos recogidos, tanto en tamaño como en formato. Estos y otros aspectos tecnológicos implican que la aplicación de juegos en colegios siempre estará en riesgo de requerir apoyo técnico, lo que puede restringir su aplicación por parte de los educadores si están solos. Otro asunto que debe tenerse en cuenta a la hora de recoger datos es la privacidad y la seguridad, especialmente relevantes cuando se trabaja con menores. La privacidad puede abordarse si los datos recogidos no contienen detalles personales y no pueden relacionarse con estudiantes concretos. El sistema de analíticas debe asegurar esto no recogiendo información personal, sino recogiendo solo datos anonimizados. Para cumplir este requisito y asegurar que la información recogida sea útil para los educadores, los estudiantes pueden recibir identificadores anónimos que utilicen en el juego, y los educadores (y solo los educadores) pueden mantener la correspondencia entre identificadores y estudiantes.

Con el modelo de aplicación y las experiencias descritas, consideramos que se simplifica el trabajo de aplicación de los juegos en todas las fases: desde la validación inicial de los juegos, hasta su uso en clases de forma efectiva y controlada, incluyendo la evaluación automática del aprendizaje de los estudiantes basado en sus acciones en el juego. Para todos estos pasos, consideramos que los datos de analíticas de aprendizaje extraídas de los juegos serios son clave para proporcionar información sobre las acciones de los estudiantes mientras juegan y simplificar la aplicación de los juegos en clase por los educadores.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Comunidad de Madrid (eMadrid P2018/TCS4307), por el Ministerio de Educación (TIN2017-89238-R) y por la Comisión Europea (RAGE H2020-ICT-2014-1-644187, BEACONING H2020-ICT-2015-687676, Erasmus+ IMPRESS 2017-1-NL01-KA203-035259).

REFERENCIAS

- [1] A. C. Morata, C. A. Fernandez, M. Freire, I. Martinez-Ortiz, and B. Fernandez-Manjon, "Game Learning Analytics for Educators," in *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2019, pp. 1436–1442.
- [2] T. M. Connolly, E. A. Boyle, E. MacArthur, T. Hainey, and J. M. Boyle, "A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games," *Comput. Educ.*, vol. 59, no. 2, pp. 661–686, Sep. 2012.
- [3] Y. Chaudy, T. Connolly, and T. Hainey, "Learning Analytics in Serious Games : a Review of the Literature," *Ecaet 2014*, no. March 2016, 2014.
- [4] W. Peng, M. Lee, and C. Heeter, "The Effects of a Serious Game on Role-Taking and Willingness to Help," *J. Commun.*, vol. 60, no. 4, pp. 723–742, Dec. 2010.
- [5] P. Backlund and M. Hendrix, "Educational games - Are they worth the Effort?: A literature survey of the effectiveness of serious games," in *2013 5th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications, VS-GAMES 2013*, 2013.
- [6] M. Graafland, J. M. Schraagen, and M. P. Schijven, "Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training," *Br. J. Surg.*, vol. 99, no. 10, pp. 1322–1330, Oct. 2012.
- [7] M. Kangas, A. Koskinen, and L. Krokfors, "A qualitative literature review of educational games in the classroom: the teacher's pedagogical activities," *Teach. Teach.*, pp. 1–20, Jul. 2016.
- [8] M. El-Nasr, A. Drachen, and A. Canossa, *Game Analytics: Maximizing the Value of Player Data*. London: Springer London, 2013.
- [9] P. Long, G. Siemens, C. Gráinne, and D. Gašević, "LAK '11 : proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge, February 27 - March 1, 2011, Banff, Alberta, Canada," in *1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, 2011, p. 195.
- [10] C. Alonso-Fernández, A. Calvo-Morata, M. Freire, I. Martinez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, "Applications of data science to game learning analytics data: a systematic literature review," *Comput. Educ.*, 2019.
- [11] L. Y. (UoB) Dai Griffiths (UoB) Andrew Brasher (OU), Doug Clow (OU), Rebecca Ferguson, (OU), "Visions of the future, Horizon Report," 2016.
- [12] A. Calderón and M. Ruiz, "A systematic literature review on serious games evaluation: An application to software project management," *Comput. Educ.*, vol. 87, pp. 396–422, Sep. 2015.
- [13] S. Fridenson-Hayo *et al.*, "'Emotiplay': a serious game for learning about emotions in children with autism: results of a cross-cultural evaluation," *Eur. Child Adolesc. Psychiatry*, vol. 26, no. 8, pp. 979–992, Aug. 2017.
- [14] B. Ingadottir, K. Blondal, D. Thue, S. Zoega, I. Thylen, and T. Jaarsma, "Development, Usability, and Efficacy of a Serious Game to Help Patients Learn About Pain Management After Surgery: An Evaluation Study," *JMIR Serious Games*, 2017.
- [15] A. Calvo-Morata, D. C. Rotaru, C. Alonso-Fernández, M. Freire, I. Martinez-Ortiz, and B. Fernandez-Manjon, "Validation of a Cyberbullying Serious Game Using Game Analytics," *IEEE Trans. Learn. Technol.*, pp. 1–1, 2018.
- [16] Y.-T. Sung, K.-E. Chang, and T.-C. Liu, "The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis," *Comput. Educ.*, vol. 94, pp. 252–275, Mar. 2016.
- [17] I. Mayer *et al.*, "The research and evaluation of serious games: Toward a comprehensive methodology," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 45, no. 3, pp. 502–527, May 2014.
- [18] I. J. Perez-Colado, C. Alonso-Fernández, A. Calvo-Morata, M. Freire, I. Martinez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, "Simva: Simplifying the scientific validation of serious games," in *9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 2019.
- [19] C. Alonso-Fernández, I. J. Perez-Colado, A. Calvo-Morata, M. Freire, I. Martinez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, "Using Simva to evaluate serious games and collect game learning analytics data," in *LASI Spain 2019: Learning Analytics in Higher Education*, 2019.
- [20] S. Arnab *et al.*, "The development approach of a pedagogically-driven serious game to support Relationship and Sex Education (RSE) within a classroom setting," *Comput. Educ.*, vol. 69, pp. 15–30, Nov. 2013.
- [21] A. Kampa, S. Haake, and P. Burelli, "Storytelling in Serious Games," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2016, pp. 521–539.
- [22] M. Bienkowski, M. Feng, and B. Means, "Enhancing teaching and learning through educational data mining and learning analytics: An issue brief," *Washington, DC SRI Int.*, pp. 1–57, 2012.
- [23] C. Alonso-Fernández, A. Calvo, M. Freire, I. Martinez-Ortiz, and B. Fernandez-Manjon, "Systematizing game learning analytics for serious games," in *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2017, pp. 1111–1118.
- [24] Á. Serrano-Laguna, I. Martínez-Ortiz, J. Haag, D. Regan, A. Johnson, and B. Fernández-Manjón, "Applying standards to systematize learning analytics in serious games," *Comput. Stand. Interfaces*, vol. 50, pp. 116–123, 2017.
- [25] A. Calvo-Morata, C. Alonso-Fernández, M. Freire, I. Martinez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, "Making Understandable Game Learning Analytics for Teachers," in *17th International Conference on Web-based Learning (ICWL 2018)*, Springer, 2018, pp. 112–121.
- [26] M. Bakker, M. van den Heuvel-Panhuizen, and A. Robitzsch, "Effects of playing mathematics computer games on primary school students' multiplicative reasoning ability," *Contemp. Educ. Psychol.*, vol. 40, pp. 55–71, Jan. 2015.
- [27] C. Hébert and J. Jenson, "Digital Game-Based Pedagogy: Exploring Teaching Strategies for Classroom Teachers in the use of Video Games in K-12 Classrooms," in *ECGBL 2017 11th European Conference on Game-Based Learning*, 2017.
- [28] V. Shute and M. Ventura, "Stealth Assessment," in *The SAGE Encyclopedia of Educational Technology*, 2455 Teller Road, Thousand Oaks, California 91320: SAGE Publications, Inc., 2013, p. 91.
- [29] A. Calvo-Morata, M. Freire-Morán, I. Martinez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, "Applicability of a Cyberbullying Videogame as a Teacher Tool: Comparing Teachers and Educational Sciences Students," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 55841–55850, 2019.
- [30] E. J. Marchiori, G. Ferrer, B. Fernandez-Manjon, J. Povar-Marco, J. F. Suberviola, and A. Gimenez-Valverde, "Video-game instruction in basic life support maneuvers," *Emergencias*, vol. 24, no. 6, pp. 433–437, 2012.
- [31] C. Alonso-Fernández, R. Caballero Roldán, M. Freire, I. Martinez-ortiz, and B. Fernández-Manjón, "Predicting students' knowledge after playing a serious game based on learning analytics data: A case study (under review)," *J. Comput. Assist. Learn.*, 2019.
- [32] C. Alonso-Fernández, A. R. Cano, A. Calvo-Morata, M. Freire, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, "Lessons learned applying learning analytics to assess serious games," *Comput. Human Behav.*, vol. 99, pp. 301–309, Oct. 2019.



Antonio Calvo-Morata obtuvo el título de Ingeniería Informática por la Universidad Complutense de Madrid en 2014. En 2017 completó el Máster en Ingeniería Informática también por la UCM. Actualmente se encuentra realizando sus estudios de doctorado. Forma parte del grupo de investigación eUCM desde 2014, como Investigador Contratado formando parte de los proyectos eMadrid y H2020 RAGE. Entre sus intereses

de investigación se encuentran el estudio de videojuegos educativos y su aplicación en las aulas, así como el estudio de técnicas de Learning Analytics para mejorar su eficacia y su validación como herramienta educativa.



Cristina Alonso Fernández obtuvo los títulos de Ingeniería Informática y Matemáticas por la Universidad Complutense de Madrid en 2016. Un año después, completó el Máster en Minería de Datos e Inteligencia de Negocio, también por la UCM. Forma parte del grupo de investigación eUCM desde Septiembre de 2016, como Investigador Contratado, habiendo formado parte del proyecto H2020 Beaconing. Actualmente realiza su

Doctorado en Ingeniería Informática. Entre sus intereses de investigación se encuentran el estudio de videojuegos educativos y la aplicación de técnicas de análisis y minería de datos para su mejora.



Manuel Freire-Morán es Doctor en Ingeniería Informática por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Sus intereses se centran en la visualización de información, la interacción persona-ordenador, el aprendizaje online, los juegos serios y la detección de plagio. En 2008, realizó una estancia postdoctoral Fulbright en el laboratorio HCIL de la Universidad de Maryland, EEUU, trabajando con Ben Shneiderman y Catherine Plaisant. En 2010, entró en el grupo e-UCM de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) como Profesor Ayudante Doctor. Desde 2013, es Profesor Contratado.



Iván Martínez-Ortiz trabaja como Profesor Asociado en el Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial (DISIA) de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Ha sido asistente del Vicerrector de Tecnología de la UCM y Vicedecano de Innovación en Estudios de Informática. Ha sido profesor en la Facultad de Informática de la UCM y en la Facultad de Informática del Centro de Estudios Superiores Felipe II. Obtuvo su título de Ingeniería Informática (obteniendo el primer premio extraordinario) y el Máster y Doctorado en Ingeniería Informática en la UCM. Sus intereses de investigación incluyen las tecnologías de e-learning y la integración de lenguajes de modelado educativo, juegos serios y estandarización en e-learning.



Baltasar Fernández-Manjón es Catedrático de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid. Es el director del grupo de investigación en e-learning e-UCM y de la Cátedra Telefónica-Complutense en Educación Digital y Juegos Serios. Sus líneas de investigación principales son las tecnologías para e-learning, los estándares educativos y las aplicaciones de los juegos y simulaciones educativas. Dr. Fernández Manjón es IEEE Senior Member, miembro del Working Group 3.3 “Research on the Educational uses of Communication and Information Technologies” de la International Federation for Information Processing (IFIP) y miembro del comité técnico de estandarización en e-learning (AENOR CTN71/SC36).