

# Evaluación de la eficiencia de los algoritmos desarrollados por los alumnos mediante el empleo de videojuegos.

Alberto G. Salguero\*, Antonio Tomeu\*, Pedro Fernández\*, Pablo de la Torre\*

\*Departamento de Ingeniería Informática, Escuela Superior de Ingeniería.

[alberto.salguero@uca.es](mailto:alberto.salguero@uca.es)

**RESUMEN:** Durante el curso 2015-2016 los integrantes del proyecto desarrollaron un primer proyecto de innovación docente en el que se desarrolló un videojuego de Estrategia en Tiempo Real (RTS, por sus siglas en inglés) como base para la realización y evaluación de las prácticas de la asignatura "Diseño de Algoritmos". La experiencia se desarrolló satisfactoriamente y se viene utilizando desde entonces en la asignatura. Sin embargo, una de las cuatro prácticas de la asignatura se quedó fuera del sistema de evaluación mediante competiciones por consistir en el desarrollo de diferentes algoritmos de ordenación. La calidad de un algoritmo de ordenación no puede medirse en función del resultado, puesto que siempre ofrece los mismos resultados. En este proyecto de innovación se propone incluir medidas de eficiencia de los algoritmos de ordenación implementados por los alumnos para incluir en el sistema de evaluación por competición esta última práctica que quedaba por ser incluida en la metodología. Los resultados obtenidos han sido satisfactorios, por lo que será mantenida en los cursos posteriores.

**PALABRAS CLAVE:** proyecto, innovación, mejora, docente, docencia, aprendizaje, prácticas, algoritmos, videojuego, programación.

## INTRODUCCIÓN

El uso de videojuegos como herramienta docente es algo que ya ha sido propuesto y analizado por varios autores en los últimos años [1]. Se trata, sin duda, de un gran elemento motivador para los alumnos, si bien su aplicación en el ámbito docente no resulta del todo sencilla. Debido a la cierta complejidad que supone el desarrollo de este tipo de aplicaciones audiovisuales lo habitual es que se recurra al uso de múltiples e independientes videojuegos que los docentes encuentran en Internet, dificultando la visión global por parte del alumno del problema que se pretende resolver o de los conceptos que se pretenden dar a conocer [2]. Las asignaturas incluidas en titulaciones relacionadas con la informática son claras candidatas a la introducción de este tipo de materiales audiovisuales con fines docentes, si bien hasta donde los participantes de este proyecto han podido conocer, su uso en las mismas ha sido escaso en las titulaciones ofertadas por la Universidad de Cádiz.

Durante el curso 2015-2016 los integrantes del proyecto desarrollaron un primer proyecto de innovación docente en el que se desarrolló un videojuego de Estrategia en Tiempo Real (RTS, por sus siglas en inglés) como base para la realización y evaluación de las prácticas de la asignatura "Diseño de Algoritmos". En base a los algoritmos aprendidos en la parte teórica de la asignatura, los alumnos debían modificar el comportamiento de la inteligencia artificial asociada a los jugadores para conseguir la mayor puntuación en el juego. En función de las puntuaciones obtenidas en varias competiciones realizadas durante el curso los alumnos obtenían mayor o menor puntuación en la parte práctica de la asignatura.

La experiencia se desarrolló satisfactoriamente y se viene utilizando desde entonces en la asignatura. Sin embargo, una de las cuatro prácticas de la asignatura se quedó fuera del sistema de evaluación mediante competiciones. El motivo es que dicha práctica se corresponde con el contenido de la asignatura relacionado con el estudio de los algoritmos de

ordenación. Evidentemente, no es posible comparar la eficacia de las soluciones propuestas por los alumnos puesto que todas ellas deben ofrecer los mismos resultados. Un algoritmo que no ordene correctamente una lista de elementos se considera una solución no válida.

El estudio de la complejidad temporal de los diferentes algoritmos estudiados en la asignatura es una parte fundamental de la misma. Sin embargo, la eficiencia de las soluciones propuestas por los alumnos es algo que no se está teniendo en cuenta en el método de evaluación de la asignatura. Solo se está midiendo la calidad de las soluciones propuestas, pero no el tiempo empleado en obtenerlas. En este proyecto de innovación se propone incluir también ese aspecto en la evaluación global del alumno.

## METODOLOGÍA DOCENTE

La asignatura "Diseño de Algoritmos" se imparte en el tercer curso del Grado en Ingeniería Informática, siendo obligatoria para los cuatro itinerarios en los que la titulación. En ella se enseñan cuatro técnicas básicas para el diseño de algoritmos. La asignatura se evalúa mediante un examen teórico y la entrega de cuatro prácticas.

A partir del curso 2015-16 se decidió introducir conceptos relacionados con la programación de videojuegos en la asignatura, y más concretamente, con la programación de la inteligencia artificial de los jugadores. Este componente del sistema informático permite simular la participación de un jugador humano en la partida.

En la asignatura se opta por hacer uso de un juego de Estrategia en Tiempo Real (ETR) debido a la cierta complejidad de sus reglas. Esta complejidad en las reglas supone que aparezcan a menudo problemas multi-objetivo cuya resolución no es sencilla, planteando un reto a los estudiantes. ETR es un subgénero de los videojuegos de estrategia en los que dos o más jugadores compiten por hacerse con un territorio, sin producirse cambios de turno entre ellos. Las partidas se

desarrollan en un mapa (ver Figura 1), en el cuál suelen encontrarse los siguientes elementos:

- *Unidades.* Son individuos o grupos de individuos que pueden moverse libremente por el mapa. Su objetivo suele ser atacar las defensas enemigas y tienen asociado un conjunto de características: cantidad de daño que pueden recibir antes de ser eliminadas, el que pueden infligir, velocidad de desplazamiento, coste de producción, etc.
- *Defensas.* Se trata de edificaciones que pueden ser colocadas en el mapa y cuyo objetivo principal es la defensa de recursos.



**Figura 1.** Captura de pantalla del juego ETR empleado en las prácticas

En la Figura 1 se muestra una captura de pantalla del juego ETR desarrollado por los profesores de la asignatura para su uso en las prácticas de la misma. El objetivo del jugador que ataca consiste en destruir lo antes posible la defensa principal del otro jugador, representada en la Figura 1 como una defensa claramente más alta que las demás. Para ello dispone de un número ilimitado de unidades que aparecen aleatoriamente en los extremos del mapa. El objetivo del jugador que defiende consiste en encontrar la mejor ubicación posible de las defensas en el mapa, de tal forma que se consiga defender la defensa principal el mayor tiempo posible.

Junto con el guion explicativo de cada práctica, a los alumnos se les proponen una serie de cuestiones a las que deben dar respuesta. La evaluación de las prácticas se realiza por tanto desde dos puntos de vista: corrección de las respuestas a las cuestiones planteadas y evaluación de la eficiencia de las soluciones aportadas.

Las cuatro prácticas contribuyen por igual a la evaluación final de los alumnos, si bien en la práctica correspondiente al estudio de los algoritmos de ordenación solo se habían tenido en cuenta hasta ahora para su evaluación las respuestas a las cuestiones planteadas en el guion de prácticas. Nunca la calidad de los algoritmos desarrollados. Para llevar a cabo el proyecto se han realizado varias modificaciones en esta práctica:

1. A los alumnos se les exige el desarrollo de pruebas de caja negra para la validación de los algoritmos de ordenación implementados (ordenación por fusión, ordenación rápida y ordenación basada en el uso de montículos).

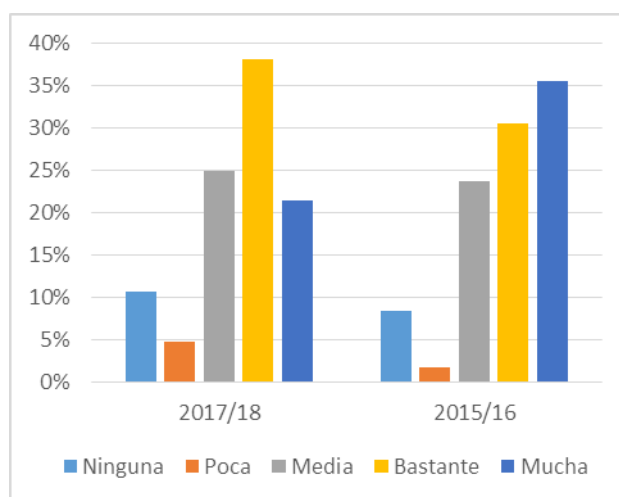
2. Se ha modificado el simulador de batallas para la inclusión de medidas temporales de las tareas a llevar a cabo por los alumnos. Las medidas temporales se llevan a cabo mediante el empleo de técnicas de medida indirectas para

garantizar la precisión de la medida en la competición. Para garantizar la equidad en la evaluación, esta medida no puede basarse en la medición aportada por el alumno.

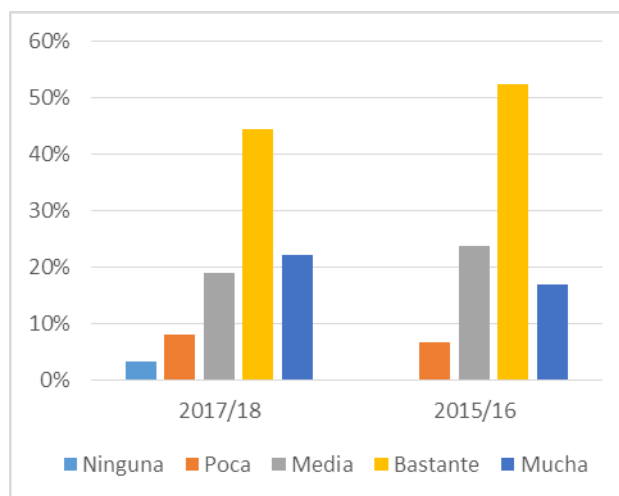
3. Los alumnos deben analizar la eficiencia de los diferentes métodos de ordenación y determinar el más conveniente en cada caso, en base al número de defensas disponibles y las ubicaciones disponibles. Deben justificar sus decisiones en base a los resultados experimentales obtenidos y la complejidad temporal de los algoritmos, estudiada en la parte teórica de la asignatura.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

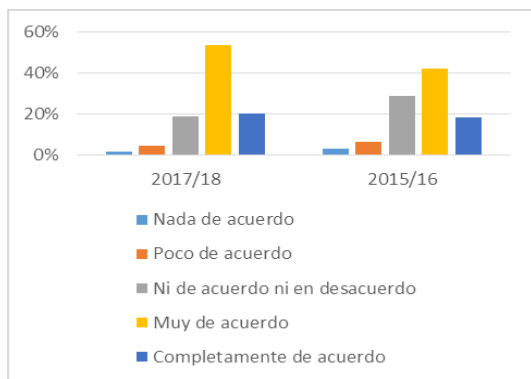
Dos encuestas fueron realizadas durante el curso, siguiendo con los requisitos de la convocatoria. Una al principio del curso, para evaluar la dificultad que los alumnos esperaban encontrar en la asignatura, y otra al final, para determinar el impacto del proyecto en la docencia. Las figuras 2, 3 y 4 muestran los resultados de las encuestas.



**Figura 2.** Grado de dificultad al comienzo de la asignatura.



**Figura 3.** Grado de dificultad al finalizar la asignatura.



- Smith, S. This Game Sucks: How to Improve the Gamification of Education. *EDUCAUSE Review*. **2011**, 467, pp. 58-59.

**Figura 4.** Utilidad del proyecto de innovación docente.

Las apreciaciones por parte de los alumnos sobre el modelo de evaluación de las prácticas de la asignatura mantienen unos porcentajes similares a los recibidos en el proyecto de hace dos cursos. No en vano, la modificación en el modelo se ha restringido a una de las cuatro prácticas de las que consta la evaluación de la asignatura. A pesar de ello, observamos un ligero aumento del porcentaje de los alumnos que ven favorecida la comprensión de los conceptos y competencias asociadas a la asignatura. Además, también observamos una ligera disminución de la dificultad que los alumnos consideran que tiene la asignatura. Esta mejora puede deberse, sin embargo, a un aumento de los alumnos que abandonan prematuramente la asignatura, habiendo contestado la encuesta en las etapas finales del proyecto solo los alumnos que habían seguido regularmente la asignatura.

Con respecto a la tasa de éxito de la asignatura, se ha visto incrementada moderadamente (7%). Sin embargo, no ha ocurrido lo mismo con la tasa de rendimiento, que se ha visto decrementada en una magnitud similar (-14%). Desde nuestro punto de vista, esto se debe a que los alumnos que han seguido la asignatura y han ido entregando las prácticas han conseguido mejorar la comprensión de los aspectos vistos en las sesiones de teoría. Sin embargo, hay un alto porcentaje de alumnos que abandonan prematuramente la asignatura. Cabría pensar que se debe al aumento de complejidad de las prácticas. Sin embargo, hay que destacar que los alumnos que quieren superar la asignatura con la mínima calificación no deben realizar más trabajo que en el curso anterior. La modificación del material de prácticas supone un esfuerzo solo para los alumnos que desean obtener altas calificaciones, ya que deben implementar varias alternativas y analizar con detenimiento los resultados obtenidos. Entendemos, por tanto, que el motivo por el que la tasa de rendimiento ha bajado moderadamente se debe a que la masa de alumnos que se matriculan anualmente en la asignatura y que no acuden al examen aumenta en cada curso. En este curso, el número de alumnos no presentados ha subido hasta los cuarenta y uno, del total de ciento cuatro alumnos matriculados en la asignatura.

## REFERENCIAS

- Lee, J. J., Hammer, J. Gamification in Education: What, How, Why Bother? *Academic Exchange Quarterly*. **2011**, 15(2), pp. 146-151.