

# Asignaturas de Proyectos en el Grado en Desarrollo de Videojuegos

Pedro Pablo Gómez-Martín, Guillermo Jimenez-Diaz, Carlos León  
Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial  
Facultad de Informática  
Universidad Complutense de Madrid  
{pedrop, gjimenez}@fdi.ucm.es, cleon@ucm.es

## Resumen

Las competencias adquiridas durante el desarrollo del Trabajo de Fin de Grado son fundamentales para completar la preparación de los estudiantes. La capacidad de afrontar un proyecto desde su inicio y la demostración de su realización son necesarias para la incorporación laboral o la realización de estudios de posgrado. Sin embargo, son muchos los programas formativos en los que el desarrollo de estas competencias se concentra en el último año. En el programa del Grado en Desarrollo de Videojuegos de la Universidad Complutense de Madrid se incluyen las asignaturas de Proyectos I, II y III, impartidas durante el segundo cuatrimestre de los 3 primeros años del grado, y que ponen en práctica los conocimientos adquiridos durante los respectivos cursos. Este artículo detalla las particularidades de esta implementación, los efectos positivos en la educación de los estudiantes, y la percepción de éstos de la efectividad formativa de los proyectos.

## Abstract

Learning skills achieved during the bachelor's thesis are fundamental for completing the students' education. The ability to tackle a whole project from the very inception and the demonstration of its completion are necessary for working and facing postgraduate studies. However, several educational curricula concentrate the application of these skills in the last year. The Videogame Development Degree at University Complutense of Madrid includes subjects focused on completing videogame projects (Projects I, II and III). These subjects are taught in the second semester of the first 3 years, and their contents are centered around the rest of the subjects of the corresponding year. This paper details the specific aspects of this implementation, the positive effects of the acquired skills, and the students' perception of the effectiveness of these subjects.

## Palabras clave

Aprendizaje basado en proyectos, videojuegos, evaluación de grupos

## 1. Introducción

La llegada del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) supuso la consolidación del Trabajo de Fin de Grado (TFG) dentro de los títulos universitarios. El objetivo del TFG es que los estudiantes integren y relacionen los distintos contenidos formativos incluidos en las enseñanzas que han recibido durante sus estudios, asegurando así la adquisición de las competencias de la titulación. La integración de contenidos a través de la creación, de forma autónoma, de un proyecto por parte de los estudiantes proporciona a los futuros graduados una perspectiva global de sus estudios. Sus ventajas están admitidas de forma generalizada y el concepto existía antes de la llegada del TFG a través de los Proyectos de Fin de Carrera.

Dado el alto valor que aporta el TFG, resulta paradójico que no se busquen formas de conseguir esa favorable integración de contenidos en momentos anteriores del plan de estudios y sea necesario esperar al último año para hacerlo. Las asignaturas de primero, segundo o tercero podrían verse reforzadas si en cada curso los estudiantes tuvieran que realizar proyectos integradores donde poner en práctica los conocimientos aprendidos en ellas. La razón de mayor peso para esta ausencia es, naturalmente, que crear estos proyectos integradores a través de asignaturas consume créditos dentro de los ya de por sí apretados planes de estudios. La inmensa mayoría de los Grados de Informática surgieron como evolución de las ingenierías anteriores al EEES, y a menudo la adaptación supuso una reducción sustancial en el número de créditos “de teoría”.

Durante los últimos años se han ido creando Grados especializados, cuyos planes de estudios comienzan su diseño con una “hoja en blanco”, en lugar de

como adaptación de titulaciones anteriores. Es el caso del Grado en Desarrollo de Videojuegos, de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). En él, el concepto de proyecto integrador se extendió más allá del último curso con el TFG, y en los tres primeros años existen las asignaturas Proyectos I, II y III, impartidas en el segundo cuatrimestre. Cada una de ellas pone en práctica los conocimientos principales de su curso. En este artículo se describe el plan de estudios de forma general, y el modo en el que las tres asignaturas de Proyectos actúan de columna vertebral dentro de él, proveyendo una coordinación completa tanto dentro de cada curso como a lo largo de todo el grado.

## 2. Enseñanza en videojuegos

La década de 1980 fue testigo de lo que hoy se conoce como *Edad de Oro del software español*, en la que jóvenes sin formación reglada en tecnología levantó la industria del videojuego en nuestro país. Sin embargo, a principios de la década siguiente, muchas de estas empresas fueron incapaces de dar el salto al mundo de los 16 bits. Hay voces que reconocen que los estudios nacionales no estaban preparados técnicamente para la nueva generación [3]. Afortunadamente, desde entonces la situación ha mejorado y en 2020 el sector del videojuego generó más de 9.000 empleos directos y más de 23.000 indirectos, con un impacto directo en la economía de 3.577 millones de euros [1]. Una industria de semejante magnitud no puede sostenerse con trabajadores autodidactas como antaño y el sector requiere de profesionales bien formados.

En el curso 2003/04, la Universidad Pompeu Fabra fue la primera universidad pública española en proponer un máster especializado en el desarrollo de videojuegos, seguida, al curso siguiente, por la Universidad Complutense de Madrid. Desde entonces, otras Universidades han seguido la misma estela y hoy la formación abarca no solo títulos propios de Máster, sino también Grados Oficiales. En el entorno de la enseñanza privada o no reglada la oferta es todavía más variada.

La creación de videojuegos es una actividad multidisciplinar en la que participan programadores, diseñadores<sup>1</sup>, artistas y músicos, por mencionar únicamente los roles más importantes [4].

En el curso 2015-16, la Universidad Complutense de Madrid puso en marcha su propio *Grado en Desarrollo de Videojuegos* (GDV) como título oficial. El grado se concibió como una adaptación del Grado en Ingeniería Informática, pero incorporando contenidos específicos sobre las características del hardware y el software utilizado en el desarrollo de videojuegos. El grado (240

créditos) está organizado en 4 cursos (8 semestres) con 34 asignaturas obligatorias, 20 de las cuales (casi el 60 %) tienen un fuerte carácter técnico, algunas de ellas claramente enfocadas a la industria del entretenimiento (*Motores de Videojuegos*, *Simulación Física para Videojuegos* o *Videojuegos en Consola*, por mencionar algunas). Hay tres asignaturas de arte impartidas por la Facultad de Bellas Artes, y una cuarta asignatura, *Sonido en Videojuegos*, que incorpora contenidos sobre producción de audio. El grado incluye tres asignaturas más cercanas al ámbito del diseño de videojuegos y cuatro más alejadas de la industria o los aspectos técnicos (*Matemática Discreta*, *Métodos Matemáticos*, *Probabilidad y Estadística* y *Negocio Digital*). La oferta de optatividad incluye asignaturas pensadas para grados generalistas y asignaturas creadas pensando en los estudiantes del grado (como *Informática Musical* o *Ciberseguridad en Videojuegos*). La figura 1 muestra el grafo de dependencias de las asignaturas. Las asignaturas en una caja amarilla se consideran particularmente dependientes, y las naranjas indican que son asignaturas impartidas en la Facultad de Bellas Artes.

## 3. Aprendizaje autónomo y basado en proyectos

El aprendizaje basado en proyectos es una estrategia didáctica que organiza el aprendizaje del estudiante alrededor del desarrollo de un proyecto aplicable al mundo real [2]. Los estudiantes se suelen organizar en grupos, pudiendo trabajar con diferentes roles, para investigar sobre un problema y proponer soluciones al mismo. De este modo, se trabajan no solo el aprendizaje autónomo sino otras habilidades que le serán útiles de cara a su futuro profesional, como el trabajo en equipo, la gestión y la comunicación dentro de un proyecto o el pensamiento creativo. Su énfasis en *aprender haciendo* y en su aplicabilidad al mundo real implican una motivación extra para el estudiante, lo que afecta positiva y más profundamente en su aprendizaje. En el aprendizaje basado en proyectos la evaluación no se ciñe al producto final sino que abarca el proceso entero. Así mismo, esta evaluación involucra no solo al profesor sino también a los estudiantes, tanto evaluando el progreso de otros como el suyo propio.

El uso del aprendizaje basado en proyectos como metodología de aprendizaje no es nuevo en la enseñanza de la informática y su uso ya ha sido descrito en asignaturas aisladas como Ingeniería del Software [6]. Así mismo, hay trabajos que describen su aplicación para coordinar dos [8], cuatro [9] o hasta las siete asignaturas que conforman el cuarto curso completo de un Grado en Ingeniería Multimedia [10]. Todas estas experiencias comparten como tema del proyecto la crea-

<sup>1</sup>En el contexto de los videojuegos se entiende por diseñador a la persona que “idea” el juego y sus mecánicas, por lo que no deben confundirse con los *diseñadores gráficos*.

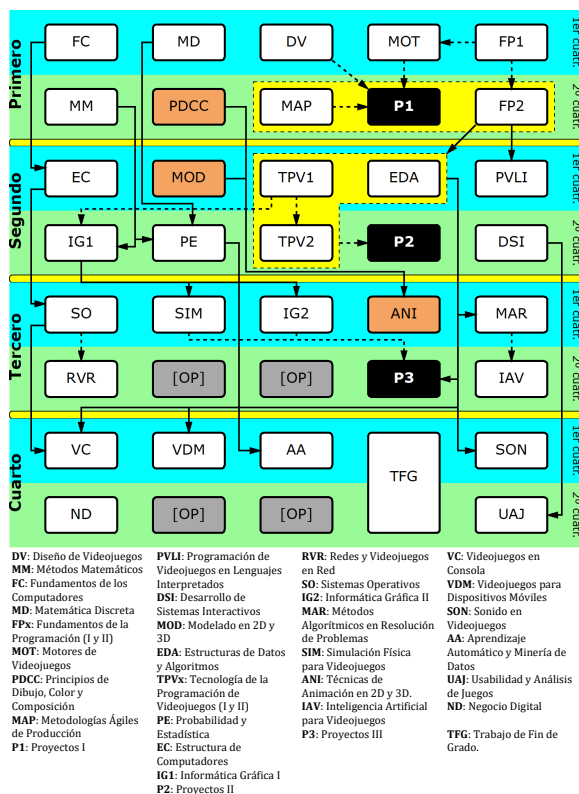


Figura 1: Grafo de dependencias y siglas de las asignaturas

ción de un videojuego, aunque las metodologías y herramientas de gestión difieren entre ellas. Uno de los proyectos a mayor escala es el de la Escuela Politécnica de la Universidad Europea de Madrid, con un proyecto integrador en cada uno de los 3 cursos que componen su Grado en Ingeniería en Informática [5].

## 4. Las asignaturas de Proyectos

En la enumeración de las asignaturas del GDV de la sección 2, se han omitido las tres asignaturas de Proyectos, que constituyen una de las características más definitorias del grado. Marcadas en negro en la figura 1, se imparten el segundo cuatrimestre de cada uno de los tres primeros cursos y sirven como asignaturas integradoras de los contenidos aprendidos (o en proceso de aprendizaje) del curso. En conjunto, las tres asignaturas forman la *columna vertebral* del grado alrededor de las que basculan muchas de las demás.

Formalmente según la especificación del Grado, las asignaturas de Proyectos son las que más competencias (generales, básicas, específicas y transversales) cubren de todo el plan de estudios. Entre ellas están:

- Conocer los elementos que integran la arquitectura software de un videojuego.

- Conocer los principios de la ingeniería de software y la aplicación de metodologías y ciclos de vida ágiles.
- Crear contenido audiovisual para videojuegos y productos multimedia que tenga suficiente calidad técnica, que transmita un concepto decidido de antemano y se realice según unas restricciones temporales establecidas.
- Conocer los principales tipos de herramientas y lenguajes que se emplean en la construcción de los distintos módulos que componen un videojuego.
- Comprender los principios legales que rigen la creación, protección y distribución de contenidos digitales.

En el día a día eso se materializa en una serie de objetivos:

- Poner en práctica los conocimientos principales del curso
- Desarrollar un conjunto amplio de competencias de forma directa y totalmente práctica
- Facilitar la creación de un *portfolio* para los estudiantes, lo que les ayuda en la búsqueda de empleo en el sector
- Crear un contexto de colaboración entre estudiantes que genera sinergias muy positivas y la sensación de pertenencia a un grupo

Para conseguirlos, las tres asignaturas mantienen un planteamiento equivalente y coordinado. Los estudiantes se organizan en grupos y deciden ellos mismos qué juego harán (siempre que cumplan unas restricciones propias de cada una de las asignaturas) lo que les proporciona, dicho por ellos mismos, automotivación. El profesorado valida al principio del cuatrimestre las propuestas de los juegos proporcionándoles retroalimentación sobre sus ideas. Una labor importante en este punto es, además, acotarles los objetivos y ambiciones dado que se destaca la importancia de que terminen con un *juego cerrado* que sirva, de verdad, como portfolio.

Exceptuando, según el caso, algunas sesiones al inicio del cuatrimestre, todas las clases se realizan en laboratorio a razón de 4 horas a la semana. Los profesores interactúan con los grupos haciendo un seguimiento del progreso, resolviendo dudas, posibles conflictos y guiándoles durante el desarrollo. En el cuatrimestre se realizan una serie de *hitos* en los que los grupos exponen sus progresos, describen cómo van de acuerdo a la planificación original y reajustan sus objetivos en función de su velocidad de trabajo.

El último hito juega un rol distinto, sirviendo como presentación de los juegos finales, por lo que tiene un carácter festivo y de “presentación comercial” en lugar de un mero seguimiento interno, lo que permite que los

estudiantes pongan en práctica otras habilidades transversales que también son muy importantes en la industria. Las exposiciones de este último hito son abiertas al público y, cuando ha sido posible, las exposiciones de los tres cursos se han realizado de forma conjunta.

Los proyectos del GDV se incorporan en actividades transversales de la Facultad y se crea la sensación de que el trabajo que desarrollan tiene importancia más allá de los aprobados en las asignaturas. Por ejemplo, en años anteriores, las alumnas del GDV han presentado sus juegos a estudiantes de secundaria dentro de las actividades del Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia. Así mismo, estudiantes de secundaria han actuado como *betatesters* de juegos de proyectos en desarrollo gracias al programa “4º ESO + Empresa”. Por último, los juegos desarrollados en las asignaturas de Proyectos se han presentado en el *Guerrilla Game Festival*<sup>2</sup>, un evento alrededor de la industria del videojuego que tiene entre sus objetivos “acercar los estudiantes a las empresas de desarrollo de videojuegos para así favorecer su proyección profesional y promover la incorporación de nuevo talento que favorezca el crecimiento del sector”.

La evaluación de los proyectos se realiza, entre otras cosas, a partir de la información recopilada a lo largo del curso gracias al seguimiento semanal de cada grupo o al trabajo individual identificado a través de los *commits* en los repositorios de control de versiones. También se pide a los estudiantes que realicen una *peer review* de los integrantes de su grupo, evaluándose entre ellos y describiendo la contribución que, en su opinión, han tenido los demás al desarrollo completo del juego. Esto permite descubrir problemas que al profesorado le haya pasado desapercibidos a lo largo del cuatrimestre.

Debido a la existencia de todas estas asignaturas de Proyectos, los Trabajos de Fin de Grado (TFG) se convierten en un tipo especial de proyecto que rompe con la forma de los anteriores. En el TFG se les anima a no hacer otro videojuego, sino a centrarse en alguna característica particular del desarrollo y ponerla a prueba con un prototipo de herramienta. En algunos casos, esta herramienta puede terminar siendo un videojuego, pero que solo se utiliza como prueba de concepto y no como objetivo del TFG en sí mismo. Algunos ejemplos de los TFGs desarrollados son el desarrollo de algoritmos de *matchmaking*, herramientas de testing de accesibilidad, generación de contenido procedural, música dinámica o narrativa computacional, entre otras.

Cada asignatura de Proyectos se adapta, como no podía ser de otra forma, a las peculiaridades del curso en el que se enclava, por lo que en las próximas secciones se proporcionarán más detalles sobre cada una.

<sup>2</sup><http://guerrillagamefestival.es/>

## 5. Primer curso: Proyectos I

La primera asignatura de proyectos que los estudiantes del GDV se encuentran es Proyectos I y comienza durante el segundo cuatrimestre del primer curso del Grado. Los objetivos de esta asignatura son:

- Conocer el proceso de desarrollo de un videojuego, desde su diseño hasta su testeo.
- Familiarizarse con las metodologías ágiles de desarrollo y el trabajo en equipo.
- Hacer uso de herramientas comúnmente empleadas en la industria para completar el desarrollo de un videojuego.

Los contenidos mínimos en la ficha de la asignatura establecen el uso de herramientas de alto nivel, de forma que, a pesar de que el nivel técnico inicial de los estudiantes es limitado, pueden desarrollar un juego completo. Además, contemplan el desarrollo de juegos a pequeña escala –usando *scripts*– y en equipos pequeños. Por último, los contenidos mínimos establecen la presentación y comunicación del juego desarrollado. Estos contenidos sentarán las bases para las asignaturas de Proyectos II y III.

Nuestra intención es que los estudiantes terminen haciendo un *videojuego 2D cerrado*, generalmente de una duración de unos 5 minutos y que tenga, al menos, un menú de inicio y uno o varios niveles. El arte y el sonido pueden ser de factura propia o pueden usar recursos de terceros, convenientemente acreditados en los créditos del videojuego. Los estudiantes se dividen en equipos de desarrollo de entre 4 y 6 miembros. La primera etapa del proceso es la preproducción, donde cada grupo comienza elaborando un documento de diseño de videojuego (o GDD, del inglés *Game Design Document*) en el que se detalla el objetivo del juego, así como las mecánicas y dinámicas del mismo. Los conocimientos necesarios para crearlo han sido impartidos en la asignatura de DV<sup>3</sup>, en el primer cuatrimestre.

Una vez completado y validado por los docentes, comienza la fase de producción o desarrollo del mismo. El proceso de desarrollo sigue la metodología ágil Scrum, con 3 hitos de desarrollo divididos cada uno de ellos en 4 sprints de una semana de duración. Durante cada sprint los estudiantes se van familiarizando con las prácticas fundamentales de la metodología Scrum: desarrollo de historias de usuario, planificación de sprints, estimación de tareas, *daily meetings* y gestión del proceso utilizando la herramienta Pivotal Tracker<sup>4</sup>. Para la comunicación se hace uso de un servidor de Discord, donde cada equipo tiene su propio espacio de trabajo. La gestión del código se realiza utilizando Git y usando repositorios de Github como sistema de

<sup>3</sup>Por economía de espacio, se usan las siglas de las asignaturas, que pueden consultarse en la figura 1.

<sup>4</sup><https://www.pivotaltracker.com/>

control de versiones (SCV). Cada hito hace las veces de *Sprint Review*, de modo que los estudiantes han de hacer una presentación pública del estado de su proyecto, incluyendo una demo y una retrospectiva sobre qué ha ido bien, qué ha ido mal y qué pretenden cambiar de cara al próximo hito. Así mismo, en cada hito tienen que dejar disponible una demo jugable del videojuego para realizar evaluaciones informales del mismo y obtener feedback de otros estudiantes y de los docentes. Todos los conceptos relacionados con la metodología Scrum están siendo impartidos simultáneamente en la asignatura de MAP durante el segundo cuatrimestre, de modo que la coordinación entre ambas asignaturas es crítica y la introducción de las prácticas de Scrum dentro de Proyectos I se hace de manera incremental. La implementación de los videojuegos se realiza en C# utilizando el motor de videojuegos Unity. A diferencia del resto de Grados en Informática de la UCM, en los que se comienza enseñando programación de C++, el primer lenguaje de programación que se enseña en las asignaturas de FP es C#. Esto se debe a que en la asignatura de MOT, que se imparte durante el primer cuatrimestre, se explican los fundamentos de los motores de videojuegos ejemplificándolos sobre el motor Unity, un referente dentro de la industria.

Durante los sprints del último hito los estudiantes están obligados a probar de manera formal sus videojuegos mediante la realización de testeo y/o equilibrado. Para que los estudiantes se familiaricen con el concepto de *betateesting* cada equipo confecciona un guión de pruebas formales que los estudiantes de otro equipo (*betatesters*) deben seguir para probar el videojuego en busca de errores (*bugs*). Cada *betatester* confecciona un informe de errores y lo reporta usando la herramienta de *issues* de Github. El hito final consiste en una presentación en la que se espera que sean capaces de explicar con claridad a qué se juega y los puntos fuertes de su videojuego en un periodo breve de tiempo. Además, todos los videojuegos quedan disponibles en una página web alojada en Github.io o en itch.io.

La evaluación de la asignatura se divide en tres items, uno por cada parte del proceso de desarrollo: diseño (25 %), producción (60 %) y testeo y equilibrado (15 %). En general, la evaluación da más peso a la gestión del proyecto que a la calidad de la arquitectura del código ya que el objetivo principal de esta asignatura es que los estudiantes interioricen el proceso de desarrollo que van a utilizar en otras asignaturas de proyecto a lo largo del grado, así como en su vida profesional.

## 6. Segundo curso: Proyectos II

El paso a segundo curso supone un cambio cualitativo en la tecnología y la metodología. C++ se convierte

en el lenguaje predominante, y se estudian estructuras de datos y algoritmos (EDA, en el primer cuatrimestre), programación orientada a objetos (TPV1, primer cuatrimestre) y estructuras de programación avanzadas: plantillas, funciones de primer orden, iteradores, gestión avanzada de memoria y arquitecturas de componentes (TPV2, en el segundo cuatrimestre). Estas 3 asignaturas (EDA, TPV1 y TPV2) están fuertemente coordinadas por su contenido y por la interdependencia de sus programas. En el segundo cuatrimestre de 2º también se imparte IG1, en la cual se les explica OpenGL y desarrollo de sistemas 3D. Sin embargo, sería inviable hacer un proyecto en 3D al mismo tiempo que se imparte la introducción a estas tecnologías.

Los contenidos mínimos de la ficha docente de Proyectos II trabajan sobre la base creada en Proyectos I. En particular, estos contenidos incluyen el desarrollo de un *middleware* en 2D y la creación y gestión del contenido audiovisual, suponiendo un avance cualitativo y más exigencia técnica. También se incluye el desarrollo iterativo y las pruebas y el control de calidad del juego. Para la realización del proyecto se prescinde de un motor de videojuegos moderno, y los estudiantes afrontan la programación de un videojuego a un nivel relativamente más bajo. Usan C++ como lenguaje de desarrollo (lenguaje que ya no dejarán de usar durante el resto del grado), e implementan su propio motor específico desde cero usando la librería SDL, usando tecnologías 2D. En concreto, los objetivos de Proyectos II son:

- Desarrollar un videojuego sin un motor, usando C++ y librerías externas
- Un sistema de gestión efectivo en grupos grandes
- Avanzar en las competencias transversales de creación de proyectos, comunicación, coordinación y documentación

En Proyectos II, además, se hace mucho hincapié en el desarrollo de dos grandes bloques docentes del GDV: la gestión de proyectos y el desarrollo adicional de las competencias transversales. A partir de los contenidos de la asignatura MAP y la experiencia en Proyectos I, en Proyectos II se exige un nivel de gestión del proyecto constante y pormenorizado. Esto se complementa y justifica con la creación de grupos grandes de desarrollo (8-10 estudiantes), lo cual hace necesaria una gestión adecuada para garantizar la productividad apropiada al alcance del proyecto. En este marco de grupos grandes, el desarrollo de las competencias transversales se trabaja especialmente: presentaciones de clase totalmente organizadas por los estudiantes, comunicación en las redes sociales, resolución de conflictos, gestión autónoma de cargas en el grupo de trabajo, creación de una documentación exhaustiva y útil, despliegue de una página web del proyecto y entrega de un

producto finalizado: un juego instalable en cualquier ordenador.

En la evaluación de Proyectos II se hace particular hincapié en el *proceso de desarrollo*, analizando y controlando que se apliquen las metodologías y se aprenda a identificar y gestionar conflictos en un grupo grande, y en el *acabado del juego*, entendiendo por tal que el equipo no cree material a medias o con defectos claros, sino que el juego, la documentación y las presentaciones tengan aspecto y acabado profesionales. La evaluación en Proyectos II se hace combinando 5 áreas (ponderadas de más a menos peso): implementación, diseño, gestión, arte y comunicación. Esta evaluación se realiza hito a hito, aunque estas notas parciales son puramente informativas, de modo que se consigue una evaluación continua directa

## 7. Tercer curso: Proyectos III

El primer cuatrimestre de tercero los estudiantes tienen algunas asignaturas generalistas (SO y MAR) y tres mucho más enfocadas al área de los videojuegos (SIM, IG2 y ANI). En SIM aprenden a desarrollar un motor físico sencillo y a utilizar motores completos como PhysX. En IG2 se continua con el contenido que se comenzó en IG1, pero ahora desde la perspectiva de un motor gráfico completo. Eso permite centrarse en la arquitectura de estos motores y practicar con la creación de efectos y la programación de *shaders* sin tener que lidiar con todos los detalles de implementación. Para ello, se decidió utilizar Ogre<sup>5</sup>, por ser software libre, incorporar los conceptos que encajan dentro de la asignatura y tener una base de código de tamaño abordable para un cuatrimestre. Esta elección fue también promovida desde la coordinación del Grado por ser interesante para la asignatura de Proyectos III.

En este contexto se enclava Proyectos III, cuya diferenciación principal en los contenidos mínimos de la ficha con respecto a Proyectos II es que ahora el objetivo es el desarrollo de un juego en 3D, aparte de continuar con las tareas habituales de trabajo en equipo, planificación o pruebas. Como ocurría en los casos anteriores, los estudiantes realizan, en grupo, juegos decididos por ellos mismos, siempre que cumplan las restricciones exigidas para la asignatura, que son, principalmente, tener que ser un juego en 3D con Ogre (aprendido en IG2) y que incorpore movimiento continuo y detección de colisiones, tal y como han aprendido en SIM. También se les anima, pero no se obliga, a que incorporen algún ingrediente de Inteligencia Artificial de la que estén aprendiendo, simultáneamente, en IAV. Como ocurría en Proyectos II, deben desarrollar el proyecto completamente desde cero, integrando

<sup>5</sup><https://www.ogre3d.org/>

diferentes librerías y motores, como el ya mencionado Ogre. Como motor de colisiones es habitual que utilicen PhysX o Bullet, y en algunos casos incluyen también motor de audio, típicamente fmod. Recientemente se ha añadido a la lista de requisitos la incorporación de Lua como lenguaje de *script* que pueden usar para definir comportamientos de personajes no jugadores (NPC, *non-playable characters*) o, al menos, como mecanismo de configuración y arranque del juego.

En Proyectos III se presta especial atención a la *arquitectura dirigida por datos*. En primero han aprendido en MOT el concepto de *motor de videojuegos* y en Proyectos I han utilizado uno. En segundo ponen en práctica sus conocimientos de orientación a objetos para implementar, desde cero, un juego de forma relativamente monolítica, en la que la separación entre “motor de juego” y “lógica específica del juego” (*gameplay*) queda en cierto modo desdibujada pese a que las técnicas de orientación a objetos y patrones de diseño sí se incorporen. En Proyectos III se recupera la importancia de mantener la separación *motor-gameplay* para facilitar la reutilización hasta el extremo de que algunos años cada grupo ha tenido que implementar *dos* juegos utilizando un único motor, desarrollado también por ellos mismos. Además de marcar una clara separación entre los dos grandes bloques de la arquitectura, estas divisiones en la base de código les obliga a hacer usos más elaborados de Git al necesitar varios repositorios. Además, se les impide explícitamente subir librerías compiladas y deben automatizar el proceso de construcción (*build*) del juego utilizando *scripts*. A nivel de organización, el tamaño de los grupos ha ido fluctuando a lo largo de los cursos entre 8 y 11 personas, adaptándose los requisitos exigidos en función de él. Aparte del *hito 0*, donde cada grupo presenta el juego que plantea hacer, se realizan dos hitos “internos” donde se muestra el progreso, y un último hito donde, como se comentó en la sección 4, los estudiantes presentan sus juegos de forma abierta al público. En la evaluación se presta especial atención a la implementación y al estilo de código y menos al aspecto visual del juego, aunque éste debe estar correctamente “cerrado” y crear una experiencia interactiva.

## 8. Valoración y discusión

Se ha realizado una encuesta con el objetivo de valendar con los estudiantes nuestra percepción de que las asignaturas de proyectos son una experiencia positiva en la formación de los estudiantes del GDV. Las preguntas de investigación planteadas a la hora de elaborar esta evaluación han sido las siguientes:

1. ¿Los estudiantes consideran útiles las asignaturas de proyectos?

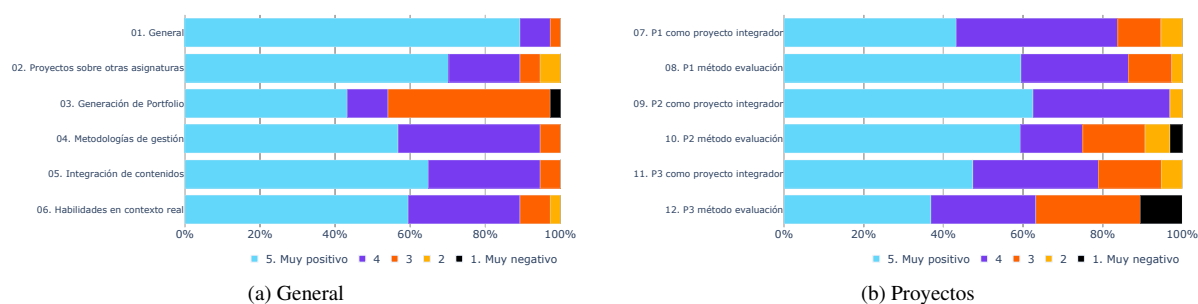


Figura 2: Valoraciones de las asignaturas de proyectos por parte de los estudiantes del GDV

- ¿Las asignaturas de proyectos ayudan a tener una visión más integrada de los contenidos de las diferentes asignaturas del grado?
- ¿Las asignaturas de proyectos son útiles para desarrollar competencias necesarias en la práctica profesional?
- ¿Los estudiantes están de acuerdo con los métodos de evaluación de estas asignaturas?

La encuesta ha sido realizada de forma voluntaria por estudiantes que actualmente cursan segundo, tercero o cuarto en el Grado en Desarrollo de Videojuegos. Se compone de 12 preguntas de tipo Likert y más dos preguntas de texto libre sobre los aspectos positivos y negativos a destacar de las asignaturas de proyectos. Han participado un total de 37 estudiantes y las valoraciones generales (Figura 2a) han sido muy positivas.

La utilidad percibida por los estudiantes sobre las asignaturas de proyectos es alta por parte de los estudiantes (preguntas 01 y 02). Así mismo, valoran positivamente la visión integradora de las asignaturas de proyectos (pregunta 05), aunque con ligeras diferencias dependiendo del curso en el que se desarrollan (preguntas 07, 09 y 11 de la Figura 2b). En cuanto al desarrollo de competencias para la práctica profesional, los estudiantes consideran que las asignaturas de proyectos ayudan a poner en práctica las metodologías y otras habilidades relacionadas con el trabajo en equipo en un contexto real (preguntas 04 y 06 de la Figura 2a). En cuanto a la generación de portafolio de cara a la búsqueda de trabajo (preguntas 03 de la Figura 2a), las valoraciones son algo más bajas, aunque más del 55% lo valoran muy positivamente. Creemos que se debe a que los estudiantes consideran que los videojuegos desarrollados no tienen el nivel artístico que ellos consideran aceptable para ser utilizados como parte de su portafolio, a pesar de que las cualidades técnicas de los mismos puedan ser muy destacables. Finalmente, con respecto al método de evaluación, los estudiantes lo consideran adecuado para todas las asignaturas de proyecto (preguntas 08, 10 y 12 de la Figura 2b) pero esta valoración decae a medida que se avanza en el

Grado. Creemos que la justificación a esto está en que los equipos de trabajo son cada vez mayores en cada curso y a que, según indican muchos de ellos en las respuestas de texto libre, uno de los mayores problemas que encuentran a estas asignaturas es la declaración de contribución de cada uno de ellos durante la realización del proyecto, uno de los aspectos que ha provocado más interacciones con los estudiantes y más conversaciones de coordinación entre los profesores de las asignaturas. Como se ha comentado en las secciones anteriores, a los grupos se les pide una declaración de contribución relativa de cada uno de los miembros, y esto se hace de dos maneras distintas: pidiendo a cada estudiante una estimación, y agregándola por parte del profesor (Proyectos I y III), o pidiendo una común a todo el grupo, de forma que los estudiantes lleguen a un acuerdo (Proyectos II). En el caso de la lista de contribución única, algunos estudiantes han manifestado su disconformidad con el proceso, sobre todo en aquellos casos en los que la divergencia de opiniones entre miembros del grupo es grande. Si bien la realización de esta dinámica de declaración de contribución se hace como ejercicio concreto de gestión dentro del grupo, consideramos que los objetivos didácticos han de ser explicados a la clase con más claridad.

Con respecto a las respuestas de texto libre, el trabajo en equipo es una de las facetas que destaca en cuanto a los comentarios negativos sobre las asignaturas de proyectos. Los estudiantes comentan los problemas inherentes a la gestión de un equipo de trabajo, como el estrés o los problemas de coordinación con otros compañeros del grupo de trabajo. Así mismo, destacan los problemas relacionados con el trabajo desigual de algunos miembros del equipo y el hecho de que algunos miembros tengan un rendimiento muy bajo. Este fenómeno es conocido como “pereza social” y se ha identificado en distintas implementaciones del aprendizaje basado en proyectos [7], pero a los estudiantes les genera una carga de estrés adicional el hecho de tener que lidiar con ellos. Sin embargo, muchos también destacan que conocer y trabajar en equipo con otros estudiantes les ayuda a crear la sensación de pertenecer a

un grupo. Las presentaciones del último hito son abiertas y asisten estudiantes de otros cursos, lo que crea un ambiente que va más allá de las propias asignaturas. El GDV es un grado pequeño y hay mucha sinergia entre estudiantes, dándose el caso por ejemplo de que algunos alumnos de cursos posteriores hacen la música para proyectos de cursos previos. También, muchos de los estudiantes encuestados valoran la libertad a la hora de decidir qué videojuego desarrollar. Indican que les motiva ya que da espacio a su creatividad. Finalmente, destacan que los proyectos son una actividad mucho más parecida a lo que esperan encontrarse en el mundo real que las prácticas realizadas en otras asignaturas.

La percepción de la efectividad de las asignaturas de Proyectos por los estudiantes es, en general y como sugieren los resultados de la encuesta, positiva. Sin embargo, estas encuestas también han sacado a la luz casos concretos algo más críticos. Una posible explicación es que esta percepción corresponde precisamente a aquellos alumnos que no han tenido una implicación notable en el proyecto. La misma metodología de participación voluntaria probablemente invita a participar a los alumnos más implicados o satisfechos, por lo que un estudio de más volumen y con una metodología más estricta proveería datos más conclusivos.

## 9. Conclusiones y trabajo futuro

Este artículo ha resumido las características de las asignaturas de Proyectos Grado en Desarrollo de Videojuegos de la UCM. Se han detallado las particularidades del grado, y cómo estas asignaturas proveen una estructuración entre cursos, y dentro de cada curso, robusta y muy efectiva. Las asignaturas condensan los contenidos anuales, y las dinámicas que se generan en torno a ella (*gamejams*, presentaciones globales abiertas a toda la facultad, charlas, eventos, etcétera) dan una cohesión al programa que permite una coordinación dinámica, constante y estrecha.

La percepción de los autores tras 7 años de implantación de las asignaturas, parcialmente refrendada por los datos recabados en la encuesta, es que las dinámicas que se trabajan son positivas y con gran valor docente. Según la opinión de los autores, permiten poner en práctica muchas competencias transversales y dar coherencia a muchas materias del grado. Así mismo, ponen en práctica competencias útiles de cara a su futuro profesional. En cualquier caso, es importante para el trabajo futuro analizar aspectos demográficos sobre los participantes (como el resultado de sus evaluaciones) para comprobar si hay un sesgo del desarrollo de los alumnos y la percepción de la utilidad de las dinámicas aplicadas. Dada la experiencia, nuestra facultad iniciará en el curso 2022/2023 un nuevo grado en Ingeniería de Datos e Inteligencia Artificial en el que tam-

bién se incluyen asignaturas de proyectos (Proyectos I en 2º y Proyectos II en 3º).

## Referencias

- [1] AEVI. *La industria del videojuego en España: Anuario 2020*. 2021.
- [2] William N. Bender. *Project-based learning: differentiating instruction for the 21st century*. Corwin Press, 2012.
- [3] Jaume Esteve Gutiérrez. *Ocho quilates. Una historia de la Edad de Oro del software español (1987–1992)*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016.
- [4] Tracy Fullerton, Christopher Swain, y Steven Hoffman. *Game design workshop: a playcentric approach to creating innovative games*. Elsevier Morgan Kaufmann, 2008.
- [5] María José García García, Juan José Escribano Otero, y M<sup>a</sup> Cruz Gaya López. Experiencia de aplicación de ABP al Grado de Ingeniería Informática. En *JENUI 2014. XX Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, pp. 125–132, 2014.
- [6] Alfredo Goñi, Jesús Ibáñez, Jon Iturrioz, y José Ángel Vadillo. Aprendizaje basado en proyectos usando metodologías ágiles para una asignatura básica de Ingeniería del Software. En *JENUI 2014. XX Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, pp. 133–140, 2014.
- [7] Steven J. Karau y Kipling D. Williams. Social loafing: A meta-analytic review and theoretical integration. *Journal of Personality and Social Psychology*, 65:681–706, 1993.
- [8] Jordi Linares-Pellicer, Jorge Orta-López, José Salavert-Torres, María José Segura-Flor, Joan Albert Silvestre-Cerdà, y Raquel Sanchis. Towards Inter-subject Project-based Learning in Programming-Related Courses at Computer Science Studies. En *12th International Conference on Education and New Learning Technologies*, pp. 3973–3978, 2020.
- [9] Juan Reverte Bernabeu, Antonio Javier Gallego Sánchez, Rafael Molina Carmona, y Rosana Satorre Cuerda. El aprendizaje basado en proyectos como modelo docente. Experiencia interdisciplinaria y herramientas groupware. En *JENUI 2007. XIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, pp. 286–292, 2007.
- [10] Carlos-José Villagrà-Arnedo, Francisco J. Gallego-Durán, Rafael Molina-Carmona, y Faraón Llorens Largo. ABPgame+: siete asignaturas, un proyecto. En *JENUI 2014. XX Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, pp. 285–292, 2014.