

Retos del desarrollo urbano sostenible con Cities: Skylines®

Challenges of sustainable urban development with Cities: Skylines®

Jorge Jerez Cepa¹, Rubén Muñoz Pavón¹, Marcos García Alberti¹, Ana Patricia Perez-Fortes¹, Lucía López-de Abajo¹, Juan Carlos Mosquera Feijoo², Antonio Alfonso Arcos Álvarez³, Jesús Alonso Trigueros³, Angela Moreno Bazán³, Jorge Muñoz Pavón⁴, Nacira Faraji Bahja⁴

email jorge.jerez.cepa@upm.es (J.J.C.), ruben.mpavon@upm.es (R.M.P.), marcos.garcia@upm.es (M.G.A.), anapatricia.perez@upm.es (A.P.P.), lucia.lopezdeabajo@upm.es (L.L.L.), juancarlos.mosquera@upm.es (J.C.M.F.), antonio.arcos@upm.es (A. A. A. A.), chus.alonso@upm.es (J.A.T.), angela.moreno@upm.es (A. M. B.), jorge.mpavon@alumnos.upm.es (J.M.P.), nacira.faraji@alumnos.upm.es (N.F.B.)

¹ Departamento de Ingeniería Civil, Construcción, E.T.S.I de Caminos, Canales y Puertos Universidad Politécnica de Madrid Madrid, España

² Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, E.T.S.I de Caminos, Canales y Puertos Universidad Politécnica de Madrid Madrid, España

³ Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno, E.T.S.I de Caminos, Canales y Puertos Universidad Politécnica de Madrid Madrid, España

⁴ Alumno becado en el Proyecto de Innovación educativa, E.T.S.I de Caminos, Canales y Puertos Universidad Politécnica de Madrid Madrid, España

Resumen- Las actividades de gamificación se han convertido en una potente herramienta para la motivación del alumno y la fijación de conceptos. El uso de juegos permite a los estudiantes experimentar y resolver problemas prácticos en un entorno virtual seguro. Cities: Skylines® en la educación ha demostrado resultados satisfactorios, especialmente en la enseñanza de la planificación urbana y la geografía. Este trabajo presenta un Proyecto de Innovación Educativa basado en este juego, en donde alumnos de ingeniería civil han tenido que resolver un reto mediante un trabajo colaborativo. Los estudiantes han mostrado una comprensión clara de la planificación urbana, abordando algunos aspectos como la contaminación, la gestión del tráfico o la dotación de servicios urbanos. En definitiva, el empleo de este juego ha permitido a los alumnos fomentar la toma de decisiones conjunta y el análisis crítico en materia del desarrollo urbano sostenible.

Palabras clave: Aula invertida, gamificación, design thinking, desarrollo urbano sostenible

Abstract- Gamification activities have become a potent tool to increase student's motivation and concept acquisition. The use of games allows students to experiment and solve practical problems in a safe virtual environment. Cities: Skylines® in education has shown satisfactory results, especially in the education of urban planning and geography. This paper presents an Educational Innovation Project based on this game, where civil engineering students had to solve a challenge through a collaborative work. The students have shown a clear understanding of urban planning, addressing some aspects such as pollution, traffic management or the provision of urban services. In short, the use of this game has allowed students to encourage joint decision-making and critical analysis in the matter of sustainable urban development.

Keywords: Flipped classroom, gamification, design thinking, sustainable urban development

1. INTRODUCCIÓN

Los juegos de simulación se han utilizado como método de enseñanza facilitando a los estudiantes un acercamiento hacia la resolución práctica de problemas. Las actividades de gamificación han ganado popularidad entre las escuelas y universidades de todo el mundo permitiendo involucrar a los alumnos en su aprendizaje (Kunze, 2019). Cities: Skylines® (Paradox Interactive), es una versión moderna de la simulación de ciudades, desarrollado por Colossal Order y lanzado en 2015 se ha convertido en una referencia en el sector, que además cuenta con numerosas expansiones oficiales y complementos publicados por desarrolladores externos. El juego permite introducir algunos conceptos básicos para la creación, crecimiento y mantenimiento sostenible de una ciudad real. Estos van, desde la planificación y construcción de la trama urbana hasta el consumo sostenible de recursos naturales o la gestión de los servicios urbanos. El juego además permite aplicar diferentes niveles de simulación, haciendo que la imaginación sea el único límite, por lo que el videojuego se puede emplear con fines educativos para un mejor entendimiento de la ciudad como sistema (Haahntela et al., 2015).

En particular, este videojuego ya se ha utilizado con resultados satisfactorios en la enseñanza de la planificación urbana y la geografía (Bereitschaft, 2021). La aplicación educativa de este tipo de juegos en estos casos se convierte en una buena herramienta para la práctica de la toma de decisiones dinámicas, siempre y cuando se realice una reflexión crítica sobre las limitaciones de la dinámica del juego (Czaundera & Budke, 2020). Por otro lado, el videojuego dispone de una gran comunidad de desarrolladores externos que ha facilitado la disponibilidad de nuevas herramientas. Entre ellas, destacan los

complementos topográficos, que permiten aplicar un entorno Geographic Information System (GIS) y, por tanto, jugar en el terreno real (Pinos et al., 2020). Por ende, es posible realizar simulaciones en la gestión y la planificación de la ciudad en un ámbito real, dentro de las capacidades del juego (Olszewski et al., 2020). Por otro lado, dentro del ámbito educativo, también se han llevado a cabo experiencias ligadas al derecho y la gestión de presupuestos, donde los alumnos deben equilibrar las necesidades básicas de la población mediante la toma de decisiones conjunta (Suberbiola Garbizu, 2021). En definitiva, las prácticas previas sugieren que este videojuego es una experiencia inmersiva que facilita un espacio virtual seguro en el que experimentar sin tener que preocuparse por las consecuencias de un mal diseño o gestión y permite a los alumnos obtener conclusiones sobre sus decisiones. Además, invita a los alumnos a desarrollar sus capacidades dentro de la planificación urbana sostenible, uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030.

Por estos motivos, este trabajo presenta la aplicación del juego en materia de la ingeniería civil a través de un Proyecto de Innovación Educativa (PIE), actualmente en curso. Mediante un trabajo en grupo, los alumnos deben resolver casos prácticos reales que ponen a prueba sus conocimientos ligados a la planificación y ejecución de proyectos en entornos urbanos. Algunos de estos retos son la planificación racional de la ciudad, la gestión del tráfico o el diseño de redes intermodales de transporte público.

2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

Los estudios de ingeniería civil y planificación urbana se componen de materias diversas entre las que establecer una conexión puede ser desafiante. Materias como topografía, geología, gestión de redes de servicios, gestión del tráfico o planificación de redes de transporte forman un conjunto de conocimientos que se imparten por separado, pero que deben compartir un marco común para poder realizar adecuadamente un proyecto de ingeniería. Con el objetivo de que los alumnos puedan desarrollar y aplicar sus conocimientos en un entorno seguro y transversal, se está desarrollando un PIE basado en el videojuego sobre la simulación de ciudades *Cities: Skylines®*. Para ello, se solicitó la licencia correspondiente al distribuidor del juego, *Paradox Interactive*, que colaboró ofreciendo 10 licencias gratuitas de la versión base del juego. Los objetivos del PIE son:

- La toma de consciencia en el desarrollo sostenible de ciudades accesibles mediante la gestión de recursos limitados.
- Promover el trabajo colectivo hasta llegar a una toma de decisiones conjunta persiguiendo un objetivo común.
- Fomentar el interés por la ciencia de la planificación territorial y urbana bajo la premisa de la igualdad de oportunidades.
- Facilitar las capacidades en el análisis crítico y la resolución de problemas ligados a la movilidad, medio ambiente, gestión sostenible de servicios urbanos y calidad residencial de sus habitantes.
- Involucrar a los futuros ciudadanos y ciudadanas en la participación activa en la gestión de los presupuestos colectivos.

- Animar y motivar al alumnado en la participación de su aprendizaje y formación mediante actividades de gamificación.

- Aplicar el aprendizaje basado en problemas y retos para fomentar la adquisición de competencias transversales en asignaturas tecnológicas.

El PIE se está llevando a cabo mediante un proyecto piloto en un grupo reducido del máster de ingeniería civil en el curso 2022/2023. Este proyecto tiene el propósito de analizar cómo se acercan los alumnos a la dinámica del juego y poder profundizar más adelante en el desarrollo de casos prácticos y retos concretos en futuras asignaturas.

A. Proyecto actual

Los estudiantes pertenecen a una asignatura del máster de ingeniería civil formada por 15 alumnos. Estos se han organizado por equipos de 4 alumnos, y se les ha propuesto un reto que consiste en la ejecución de una red de metro con al menos 3 estaciones, dejándoles total libertad para elegir el mapa de partida y el desarrollo y evolución de su ciudad. A cada grupo se le ha prestado una licencia educativa del videojuego con acceso ilimitado a través de una plataforma de distribución digital de videojuegos. Los alumnos deben poner en práctica sus conocimientos de planificación urbana sostenible mediante la superación de unos objetivos concretos que el juego establece en su propia dinámica. La superación de estos logros permite crecer en población y avanzar en los servicios públicos urbanos que se pueden prestar a la ciudadanía. Algunos de estos objetivos son la fluidez del tráfico, intermodalidad del transporte público, paisajismo, planificación y calidad de los barrios residenciales, así como la gestión sostenible de servicios básicos de una ciudad como la red de agua y energía o el tratamiento de los residuos urbanos. Mediante la gestión inteligente de un presupuesto municipal y unas leyes básicas, deben equilibrar los ingresos y el gasto para mantener unos niveles básicos de sanidad y seguridad, niveles de educación progresiva, una movilidad urbana mediante el uso de un transporte colectivo e intermodal eficiente y la reducción de la contaminación acústica, del agua, del suelo y del aire.

Dicha actividad se ha planteado como un trabajo opcional en la asignatura, que se calificará con medio punto sobre la nota final de cada alumno, siempre y cuando hayan superado la docencia del curso. Para superar el trabajo, los alumnos debían hacer una presentación oral final, y un breve informe donde exponían su ciudad y justificaban las principales decisiones adoptadas ligadas al desarrollo urbano sostenible. En esta presentación final, debían además identificar los riesgos que se han ido encontrando asociados a su planificación urbana y la ejecución de la red de metro. Además, se ha realizado un cuestionario para medir esta experiencia de gamificación e identificar los problemas a los que se han enfrentado los. La organización durante el curso se ha realizado mediante el trabajo en equipo en casa, dejando una hora a la semana del horario de clase para la resolución de dudas, junto con otros dos trabajos adicionales, uno obligatorio de la asignatura y otro trabajo opcional fundamentado en realidad virtual. La asignatura además se compone de otras dos horas teóricas presenciales semanales.

B. Proyecto para los próximos cursos

Para el próximo curso lectivo se ha programado plantear un nuevo reto para otras asignaturas de grado y máster. Con el fin

de ligar la actividad a la asignatura se buscará una mayor guía para solventar los problemas detectados debidos a la propia dinámica del juego. Se planteará un juego de rol, en el que cada miembro del grupo tendrá funciones específicas semejantes a los roles de un grupo de gobierno municipal real. A cada alumno se le otorgará funciones y objetivos propios, y a cada grupo un reto común. Actualmente se está trabajando en desarrollar estos retos mediante la solución de un escenario, es decir, partiendo de una ciudad ya construida, los alumnos deberán resolver el reto planteado. Igualmente, se está desarrollando la modelización de una ciudad real para que la experiencia se acerque lo más posible a un caso real. Por otro lado, el juego es para un único jugador, es decir, solo puede desarrollar la ciudad un usuario, por lo que se está profundizando en la definición de los roles y dinámicas en el juego de rol para potenciar la toma de decisiones conjunta dentro del trabajo en equipo.

C. . Utilización de recursos externos

Paralelamente al desarrollo de la actividad de gamificación se están explorando otras líneas de investigación, como la utilización de modelos BIM (Building Information Modelling) mediante la publicación en la plataforma de distribución digital de videojuegos. Estos modelos son representaciones digitales de una infraestructura realizados por los propios alumnos, por lo que hacen que la experiencia sea más cercana. Estos modelos se incluyen dentro del juego como edificios y se pueden otorgar los parámetros propios a la dinámica del juego, como el coste de construcción, de mantenimiento, consumos o las necesidades de servicios urbanos básicos. Por lo tanto, se puede personalizar la experiencia dentro del juego adaptándose a la superación de los retos planteados.

3. RESULTADOS

EL juego Cities: Skylines® puede ayudar a desarrollar habilidades en el entendimiento de la planificación urbana (Khan & Zhao, 2021), enmarcando la actividad en el contexto del aprendizaje experiencial. Este PIE trata de consolidar conceptos ligados al desarrollo urbano sostenible mediante el trabajo colaborativo y la toma de decisiones conjunta. A partir de los conocimientos aprendidos durante su vida académica, los alumnos pueden desarrollar sus capacidades creativas y realizar un análisis crítico en la resolución de retos ligados a la ciencia urbana y la ingeniería civil. El videojuego ofrece un entorno seguro en el que los alumnos pueden explorar y plantear alternativas a los problemas que existen en una ciudad real, dentro de las capacidades que permite la dinámica del juego.

Por ello se planteó la utilización de este videojuego mediante un proyecto piloto para medir las posibilidades reales para su implantación en asignaturas de ingeniería civil. Para ello se optó por plantear un reto sencillo en un grupo, con el objetivo de evaluar cuáles son las principales barreras a la hora de implantar el PIE y poder afinar la actividad en posteriores ediciones. Se les permitió total libertad para desarrollar su ciudad. El objeto de este trabajo es presentar los resultados de esta primera aproximación.

Del proyecto realizado en el curso 2022/2023 se pueden extraer algunas conclusiones. En primer lugar, el reto planteado ha tenido gran aceptación, participando la totalidad de los alumnos de la asignatura. En cuanto a la planificación urbana, los alumnos tienen claros los conceptos de usos del suelo y la zonificación de espacios. En este sentido, el juego simula la

contaminación del suelo, aire, agua y ruido. En todas las ciudades se ha tratado de paliar esta situación apostando por la generación de energía verde, como la eólica, y la segregación de las zonas industriales de los barrios residenciales. Por otro lado, aunque no era un requisito para superar el reto ni tampoco es necesario para avanzar en la jugabilidad del juego, todos los grupos tendían a la dotación de servicios adicionales para hacer la ciudad más amigable, como parques o bibliotecas. Sin embargo, dentro de los aspectos a mejorar para futuros retos hay que destacar especialmente el trabajo en equipo. Se detectó que, dentro del grupo de cuatro personas, el desarrollo de esta actividad recayó en dos integrantes, por lo que se mermó la toma de decisiones conjunta para resolver el reto planteado, uno de los objetivos principales de la experiencia. También se detectó la tendencia a resolver los problemas construyendo nuevos servicios, dejando a un lado la gestión del presupuesto o la aplicación de políticas urbanas que permite el videojuego, tendiendo por tanto a la sobredimensión. Finalmente, hay que destacar el problema de la fluidez del tráfico, uno de los principales parámetros que gobiernan la dinámica del juego. Los alumnos tienen muy clara la necesidad de plantear intersecciones para regular el tráfico. Sin embargo, no plantean una trama urbana racional que ayude a gestionar el tráfico y, una vez construida su trama, no se plantean modificarla para adaptarla a sus necesidades particulares.

Al finalizar la actividad, se realizó un cuestionario anónimo entre el alumnado para evaluar la repercusión de la experiencia. En este cuestionario se preguntaba sobre la importancia de otras actividades complementarias a la docencia, en este caso los trabajos opcionales sobre realidad virtual y el que se presenta en este documento, la jugabilidad o la relación del juego con la asignatura y la ingeniería civil. Por un lado, el 80% de los alumnos consideran importante el uso de recursos digitales en la universidad, frente a un 13,3% que lo considera no primordial y un 6,7% que lo considera innecesario. Sin embargo, estos porcentajes se acercan al hablar de la actividad de gamificación. El 46,7% de los alumnos consideran muy positiva la experiencia y la consideran motivadora para el aprendizaje y la adquisición transversal de conocimientos, pero un 33,3% la consideran importante pero no necesaria y un 20% creen que no es importante. En cuanto a la jugabilidad, hay que destacar la barrera que supone la dinámica del juego, ya que el 53,3% de los alumnos la catalogan como difícil y entre los comentarios del cuestionario se repetía la necesidad de una mayor guía para empezar a jugar. Por otro lado, la mayoría de los alumnos, un 80,0%, consideran que el juego asimila, dentro de sus capacidades, los aspectos más relevantes en la gestión de una ciudad. Este porcentaje disminuye al 60,0% cuando se les pregunta por la ayuda que puede ofrecer para entender cómo afecta la ejecución de un proyecto dentro de un ámbito urbano, mientras que el 33,3% restante piensan que el juego ayuda a entender la planificación urbana, pero no se pueden extraer las posibles implicaciones derivadas en la ingeniería. En el cuestionario también se preguntó por el factor más determinante a la hora de desarrollar su ciudad, pudiendo elegir entre varias opciones que ofrece la jugabilidad del juego. El 40,0% de los alumnos optaron la clasificación de los usos del suelo (residencial, servicios e industria) como el principal factor determinante. Por otro lado, la gestión sostenible de servicios urbanos, la solución de problemas ligados a la contaminación o la aplicación de leyes por zonas no fue votado por ninguno de los alumnos. La Figura 1 muestra los resultados de esta pregunta junto con el resto de las opciones planteadas.

¿Cuál de los siguientes aspectos considera más importante para realizar la planificación de su ciudad en la actividad?

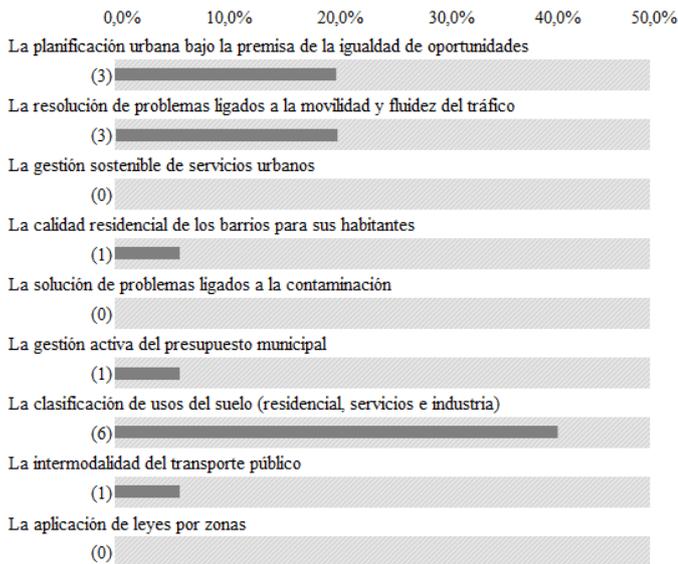


Figura 1.- Resultados en la encuesta sobre el aspecto más importante para desarrollar su planificación urbana.

Estos resultados subrayan la tendencia a resolver los problemas de la ciudad mediante el sobredimensionamiento de los servicios urbanos, dejando a un lado la gestión del presupuesto o la aplicación de políticas urbanas. Una razón puede ser la falta de conocimiento del juego, siendo esta una de las capacidades más complejas que ofrece. En futuros proyectos, deberá incidirse en la gestión urbana mediante esta posibilidad.

Finalmente, hay que destacar que un 46,6% de los alumnos consideran seguir jugando en su tiempo libre y a otro 40,0% les gustaría poder hacerlo en un futuro, lo que evidencia la alta participación y motivación en la actividad.

Los resultados aquí mostrados muestran un primer acercamiento para la utilización de esta actividad de gamificación como complemento en las enseñanzas de planificación urbana e ingeniería civil. Estos resultados no son suficientes para poder evaluar el impacto en el aprendizaje de los alumnos, pero sí han servido a los autores para determinar qué aspectos son necesarios potenciar para mejorar el desarrollo de la actividad en futuras ediciones.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo de una actividad de gamificación y aprendizaje basado en retos ha permitido involucrar al alumnado en su aprendizaje y consolidar conocimientos transversales de su carrera universitaria. Cities: Skylines® puede ser una herramienta pedagógica eficaz para mejorar el conocimiento conceptual de los estudiantes, al tiempo que aumenta la motivación y la satisfacción con respecto al proceso de aprendizaje. No obstante, el empleo de este videojuego requiere de cierto conocimiento previo para poder exprimir todas las

capacidades que la dinámica del juego ofrece; por lo que para poder desarrollar una experiencia completa que potencie las capacidades de los alumnos es necesario dedicar un tiempo previo de aprendizaje. Una vez superada esa barrera inicial, el juego ofrece un entorno seguro en el que los alumnos pueden experimentar y realizar un análisis crítico en todos los aspectos de la planificación urbana. Con el trabajo en equipo, los alumnos han puesto a prueba su creatividad y capacidad de gestión como planificadores urbanos mediante la consecución de un reto concreto, a través de la toma de decisiones conjunta e identificando los riesgos que se pueden producir en la planificación de un proyecto de ingeniería civil.

REFERENCIAS

- Bereitschaft, B. (2021). Commercial city building games as pedagogical tools: what have we learned? <https://doi.org/10.1080/03098265.2021.2007524>. <https://doi.org/10.1080/03098265.2021.2007524>
- Cities: Skylines - Paradox Interactive. Retrieved May 19, 2023, from <https://www.paradoxinteractive.com/games/cities-skylines/about>
- Czauderna, A., & Budke, A. (2020). How Digital Strategy and Management Games Can Facilitate the Practice of Dynamic Decision-Making. *Education Sciences* 2020, Vol. 10, Page 99, 10(4), 99. <https://doi.org/10.3390/EDUCSCI10040099>
- Haahtela, P., Vuorinen, T., Kontturi, A., Silfvast, H., Väisänen, M., & Onali, J. (2015). Game in Urban Planning. *Aalto School of Engineering Spring*.
- Khan, T. A., & Zhao, X. (2021). Perceptions of Students for a Gamification Approach: Cities Skylines as a Pedagogical Tool in Urban Planning Education. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12896 LNCS, 763–773. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85447-8_64/COVER
- Kunze, T. (2019). *Video Games and the Education System*. 31–40. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27395-8_3
- Olszewski, R., Cegiełka, M., Szczepankowska, U., & Wesołowski, J. (2020). Developing a Serious Game That Supports the Resolution of Social and Ecological Problems in the Toolset Environment of Cities: Skylines. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2020, Vol. 9, Page 118, 9(2), 118. <https://doi.org/10.3390/IJGI9020118>
- Pinos, J., Vozenilek, V., & Pavlis, O. (2020). Automatic Geodata Processing Methods for Real-World City Visualizations in Cities: Skylines. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2020, Vol. 9, Page 17, 9(1), 17. <https://doi.org/10.3390/IJGI9010017>
- Suberbiola Garbizu, I. (2021). Serious games: a tool we can use as real world simulator. “Cities: Skylines” in the learning of the law on expenditures. *ICERI2021 Proceedings*, 1, 2045–2048. <https://doi.org/10.21125/ICERI.2021.0530>