

Una experiencia práctica para la explicación de conceptos económicos mediante el uso de un simulador lúdico de construcción.

Manuel Correa Gómez, Fernando García-Quero, José Antonio Rodríguez Martín, Roberto Montero Granados.

Departamento de Economía Aplicada, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Granada, Campus Universitario de Cartuja S/N, 18071, GRANADA. TLF: +34 958 244261. FAX: +34 958244046. E-mail: manuelcorrea@ugr.es

Resumen: El uso de un simulador de construcciones como una herramienta de innovación docente, puede abrir una nueva ventana en el difícil proceso de hacer comprender a estudiantes de Ingeniería, la importancia que para su formación tiene estudiar Economía, una materia que en principio ven ajena a sus motivaciones. El objetivo del presente trabajo consiste en una propuesta de aprendizaje de determinados conceptos económicos para la asignatura de Economía Aplicada a la Empresa del Grado de Ingeniería de la Edificación, mediante el uso de un simulador de construcción de estructuras, el cual evaluará las soluciones propuestas por el alumno en la resolución de problemas económicos que, con frecuencia, surgen en las competencias propias del Grado, definidas en el Libro Blanco de la titulación.

Palabras Clave: Economía, simulador, ingeniería, innovación, docencia.

Abstract: The use of a construction simulator as an innovative method of teaching can help students of the degree in Building Engineering to understand the importance of study Economics in their education, even though Economics is a subject initially perceived by them out of their motivations. The aim of this study is to propose a different way of learning some economic concepts for the subject Applied Business Economics, of the degree in Building Engineering, by using a construction simulator. The construction simulator will revise the solutions given for the students to solve economic problems which usually are part of the competences of the Grade, competences included in the White Book of this degree.

Keywords: Economics, simulator, engineering, innovation, teaching.

1. Introducción

1.1. El Grado en Ingeniería de la Edificación y la asignatura de Economía Aplicada a la Empresa

La titulación de Grado en Ingeniería de la Edificación¹ es resultado de la convergencia y homologación, dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), de la

¹ La titulación establece un perfil profesional emergente en el sector de la edificación. En este proceso de acreditación del nuevo Grado, se ha tomado en consideración que el sector de la edificación en España se encuentra regulado por la Ley de Ordenación de la Edificación 38/1999, de 5 de noviembre, norma fundamental del proceso edificatorio, en la que se establecen los ámbitos de actuación y las responsabilidades de los distintos titulados con competencia profesional en este sector.

antigua titulación de Arquitectura Técnica, en el marco competencial de la Arquitectura, en la que seguirá desarrollando unas atribuciones propias.

El objetivo general del nuevo Grado en Ingeniería de la Edificación es proporcionar una formación de perfil europeo y carácter generalista sobre las bases teórico-técnicas y las tecnologías propias del sector de la edificación, contextualizada en una capacidad de mejora continua y de transmisión del conocimiento².

En este marco, se planteó una titulación con altos contenidos y niveles de exigencia en materias comunes obligatorias [1], así, de los resultados obtenidos, tanto en los procedimientos de consulta internos como externos, se deduce que la enseñanza de la materia de Economía Aplicada a la Empresa debe constituir una de las bases comunes sobre la que se articulen estos contenidos.

La asignatura introduce principios básicos, teorías, conceptos y metodología propios del ámbito de la economía [2]. El objetivo es familiarizar al estudiante del Grado en Ingeniería de la Edificación con los aspectos clave de la disciplina, proporcionándole las bases necesarias para entender los procesos de la toma de decisiones económicas y el funcionamiento de la economía en su conjunto. Se incluye, además, una parte específica dedicada al sector de la construcción y los mercados inmobiliarios, que complementa los contenidos de la bibliografía básica recomendada para un curso³.

En definitiva, la materia de Economía Aplicada a la Empresa contribuye a dotar a los futuros titulados en el nuevo Grado de una mejor formación en áreas de gran demanda profesional, desarrollando las competencias contempladas en el Libro Blanco del Grado en Ingeniería de la Edificación.

En la corta trayectoria que tiene en la Universidad de Granada esta asignatura (el curso 2011-2012 es el segundo año en el que se imparte), los profesores encargados de la misma hemos detectado un rechazo inicial del alumnado a sus contenidos, por

² En concreto, y según la ORDEN ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de arquitecto técnico, mediante la cual el Ministerio de Educación y Ciencia da respuesta a la disposición adicional novena del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales.

³ Ver apartado 6.3.

considerarlos, en principio, alejados de sus motivaciones [2-3]. Por lo que esta nueva experiencia de prácticas nace con la intención de hacer comprender a estudiantes de una titulación, que en principio puede parecer ajena a las Ciencias Económicas y Empresariales, la importancia para su formación de estudiar Economía.

La intervención en prácticas que se presenta, tiene el objetivo principal de hacer comprender al alumnado de Ingeniería de la Edificación, que la economía está presente en muchos comportamientos, actividades y problemas con los que se ven envueltos en sus quehaceres cotidianos y con los que tendrán que lidiar en su futuro profesional como Ingenieros de Edificación.

En definitiva, con esta innovación práctica se pretende contribuir a acabar con el estigma que hace de la economía una ciencia fría y alejada de la realidad, para acercarla a los intereses y preocupaciones de los alumnos. Para ello, se ha planificado una actividad práctica que ha puesto al alumno en contacto con la economía a la vez que veía la utilidad de esos conocimientos para aplicarlos a su campo profesional.

1.2. El uso de simuladores en economía

A diferencia de lo que ocurre en otras ciencias como la física, en economía, las posibilidades de reproducir un fenómeno reiteradas veces, con individuos en condiciones moralmente aceptables, para establecer relaciones de interdependencia entre las variables de interés, es muy limitada.

Así pues, a pesar de que la economía es una ciencia eminentemente práctica, en el sentido de que tanto su problemática como sus herramientas están basadas en la experiencia y tienen un impacto real, la mayor parte de los alumnos de enseñanzas técnicas pueden llegar a percibirla como una disciplina meramente teórica, en la que solo se pretende estudiar y memorizar algunas fórmulas y modelos de comportamiento. En este contexto, consideramos que un simulador podría ser una herramienta muy útil, tanto para la labor de los docentes como para el aprendizaje de los alumnos, profundizando en los aspectos más prácticos de esta disciplina.

Los objetivos básicos que se pretenden conseguir con el uso de simuladores en Economía son:

- Incrementar y mejorar la docencia práctica⁴.
- Mejorar la docencia teórica⁵.
- Coordinar la docencia de las asignaturas⁶.

2. Objetivo principal

La asignación de recursos constituye uno de los principales problemas que intenta resolver la economía [4]. Los ingenieros, arquitectos o arquitectos técnicos, al igual que un consumidor, se enfrentan en su trabajo diario, por un lado, con unas necesidades o deseos ilimitados y, por otro, con la limitación de recursos disponibles para sus construcciones, así como por la estructura del terreno en sí misma; pero, en la mayoría de los casos, están condicionados por un presupuesto de ejecución al que deben ajustarse. Igualmente, debemos tener en cuenta que los recursos o materiales en la construcción pueden tener usos alternativos, y se debe de realizar, por tanto, una correcta asignación de los mismos.

Las características antes expuestas, impulsan a enfrentarse con el problema de la *escasez*, es decir, en ocasiones no existen recursos suficientes para satisfacer todas las necesidades o deseos que se le pueden presentar al ingeniero, arquitecto o arquitecto técnico. Asimismo, hay que abordar el problema de la *elección* de los recursos y su uso, que suele estar influenciado por sus precios, o por un presupuesto al que ajustarse, de acuerdo con la *Teoría de la Empresa* [5].

El resultado producido en el sector de la construcción es muy importante, y debe cumplir unos requisitos preestablecidos de calidad y, sobre todo, de seguridad. Si tomamos este último como el *output* de la producción de la empresa, el ingeniero,

⁴ Los estudios de economía se califican de no experimentales, debido al hecho de que los estudios no disponen de laboratorios de experimentación sino que las prácticas se sustituyen, normalmente, por ejercicios numéricos cuyo contenido práctico no es, en modo alguno, superior al de la teoría que pretenden ilustrar.

⁵ Los modelos o teorías económicos pueden parecer inconexos a los estudiantes. Sin embargo, el alumno puede observar como la mayor parte de los conceptos económicos que ha estudiado en distintas asignaturas tienen una íntima conexión entre todos ellos y la mayor parte juegan un papel más o menos importante en el resultado final de una economía.

⁶ Los procesos de discusión académica entre los profesores que utilicen un mismo simulador, no solo permiten seleccionar los problemas económicos más adecuados, sino que obliga a explicitar en lenguaje común modelos económicos y relaciones entre variables. Este proceso de interacción académica enriquece el lenguaje y ayuda a coordinar la docencia también entre las distintas asignaturas de Economía.

arquitecto o el arquitecto técnico deberá buscar siempre una asignación eficiente, desde un punto de vista técnico, situación más conocida en economía como *eficiencia técnica*.

El objetivo del modelo de práctica docente que presentamos en este trabajo consiste en que los alumnos del Grado en Ingeniería de la Edificación, mediante el uso de un simulador de construcción de estructuras, se enfrenten con los problemas básicos de *escasez, elección, y eficiencia técnica* y aprendan de una forma interactiva, apoyados por el profesor en todo el proceso, a resolverlos. Además, se permite evaluar, mediante puntuaciones de un simulador, la calidad y viabilidad económica de las soluciones propuestas por los estudiantes.

3. Metodología

3.1. Simulador

El simulador empleado será el programa BRIDGE IT[®], desarrollado por la empresa Chronic Logic[®] junto a la compañía NVIDIA[®], y con el motor de simulación software de la compañía Auran[®], especializada en software lúdico de simulación. El simulador fue presentado en 2003 para la demostración de las cualidades gráficas de las tarjetas de la compañía NVIDIA[®], y los requisitos para su ejecución, en la actualidad, son mínimos (Tabla 1).

Tabla 1: Requisitos mínimos técnicos para la ejecución del simulador en ordenadores:

Sistema Operativo:	Windows [®] 98/Me/2000/XP/Vista/7
Procesador:	1.0GHz Athlon [®] o Pentium [®] 3 (2.0GHz recomendado)
GPU:	Tarjeta gráfica NVIDIA [®] GeForce [®] 4 TI o superior, ATI [®] o Intel [®]
Espacio en disco duro:	500 MB de espacio en disco duro
Memoria RAM:	384 MB RAM (512 MB RAM recomendado)
Sonido:	DirectX [®] 9 compatible con tarjeta de sonido
DirectX:	DirectX [®] 9 o superior

Fuente: Chronic Logic[®]

Se trata de un simulador de construcción de puentes, con un intuitivo interfaz gráfico⁷, que permite al usuario dominar y realizar la construcción desde diferentes puntos de vista y que trabaja como un juego de plataformas o tipo puzzle. Es decir, se deben ir realizando una serie de objetivos o puentes mediante fases, que cada vez se van complicando más en su ejecución o en los requisitos de pruebas de seguridad que deben superar, antes de pasar a un siguiente nivel de dificultad, que plantea para el alumno nuevos retos o fases.

Imágenes I y II: Capturas de pantallas del simulador.



Al principio de cada fase o nivel, se exponen los requisitos y los materiales con los que se puede construir el puente en cuestión. A continuación, el usuario se encuentra con una pantalla gráfica, a modo de tableta de diseño [MODO EDIT]⁸, en la cual puede observar el presupuesto que posee (BUDGET), los materiales⁹ disponibles y el número de unidades o piezas. En cada ensamble de material podrá observar el coste de cada una de las piezas que utiliza y, en el supuesto de rebasar el presupuesto, el programa le impedirá al estudiante ensamblar esa pieza que lo excede.

Una vez terminada la edición por el usuario, se puede pasar a la pantalla de simulación [MODO SIMULATE]. En ella, se pone a prueba el puente realizado, observando qué piezas no se sustentan o bien sufren un esfuerzo (STRESS) muy alto, que pueden dar

⁷ El programa contiene un interfaz con numerosas herramientas de edición, que controlan no solo la construcción en sí misma, también se puede controlar el entorno visual del puente, al igual que las texturas visuales de los materiales empleados, el esfuerzo (STRESS) que sufren (en diversos niveles mediante colores) y cuáles están más cerca de la rotura.

⁸ En dicho modo puede trabajar con total libertad de edición, usando comandos clásicos de cortar, pegar, atrás, etc.

⁹ El simulador dispone de los siguientes materiales para la construcción: hierro, acero, cable, cable para suspensión, amortiguadores hidráulicos, y acero pesado, para el supuesto de puentes levadizos habrá que establecer el punto de rotura. No todos los materiales estarán disponibles para todas las fases, además algunos estarán limitados en una cantidad al margen del presupuesto que se tenga.

lugar a romperse. También es posible someter en este modo a simulacros de terremotos (EARTHQUAKE), con una escala de ocho niveles de impacto.

Por otro lado, para completar la fase, se deberá poner en marcha la simulación, en la cual el puente construido, al margen de ser estable, deberá pasar una serie de pruebas previamente expuestas en los requisitos, tales como el paso de vehículos, trenes, terremotos, o en el supuesto de puentes levadizos, el paso de barcos. Dichas pruebas pueden ser observadas, desde diversos ángulos de visión.

Imágenes III y IV: Capturas de pantallas del simulador.



Si se superan las pruebas, el programa arroja una puntuación (SCORE), que no atiende, por la subjetividad/imposibilidad que conllevaría, a cánones de diseño artístico, sino a las variables referentes a robustez de la estructura y a menor presupuesto empleado¹⁰.

3.2. Desarrollo orientativo de la práctica

Las clases prácticas pueden desarrollarse en el aula de informática en pequeños grupos de 20 personas, e incluso podrían realizarse en un aula normal, con sus propios ordenadores portátiles. El simulador ofrece tres fases tutoriales narradas, con las cuales, pueden iniciarse los propios alumnos, y en poco tiempo, en el uso y manejo del interfaz del simulador. En treinta minutos, aproximadamente, pueden estar preparados para abordar las fases del nivel inicial (EASY) del simulador. Este nivel está compuesto,

¹⁰ Es decir, si nos encontramos ante dos puentes que presentan idéntico esfuerzo general en su estructura, el que menos materiales, y por tanto menos presupuesto ha gastado, obtendrá una mayor puntuación. De igual forma, en el caso de dos puentes cuya construcción ha ejecutado igual cuantía del presupuesto, obtendrá mayor puntuación el que menor *stress* presenten sus materiales, o lo que es lo mismo, el más sólido.

a su vez, de seis fases diferentes, y se plantea la construcción de diferentes tipos de puentes, con diversos materiales, pero sobre un mismo nivel general de dificultad.

Superadas las seis fases, los alumnos pueden comenzar con el nivel medio (MEDIUM), el cual contiene ocho fases para superar, cuya realización les llevará más tiempo¹¹. El profesor deberá de resolver las dudas planteadas sobre un ordenador con proyector, que permita a todos los alumnos observar la resolución de los problemas que vayan surgiendo.

A título orientativo, se puede seguir el siguiente cronograma (Tabla 2) para el desarrollo de una práctica de 5 horas aproximadamente:

Tabla 2: Cronograma para una práctica de simulador de aproximadamente 5 horas.

Espacio temporal	Actividades	Objetivos alcanzables
1ª Hora (1/2+1/2)	Presentación de las prácticas y del simulador por parte del profesor. Realización por parte de los alumnos de las tres fases de tutoriales.	Conocimiento de los objetivos de la práctica. Iniciación al uso del simulador.
2ª Hora	Realización de tres fases en nivel EASY	Aprendizaje en el uso de los diferentes materiales
3ª Hora	Realización de tres fases en nivel EASY	Solución de los primeros problemas de presupuesto.
4ª Hora	Realización de dos fases en nivel MEDIUM	Solución de problemas complejos de construcción y de escasez de materiales.
5ª Hora (1/2+1/2)	Evaluación de la práctica. Cumplimentación de cuestionario/opinión por los alumnos sobre la práctica.	Evaluación de conocimientos del alumno. Evaluación de la práctica propuesta, por parte de los alumnos.

Elaboración propia.

3.3. Evaluación de la práctica

Para verificar que el alumno ha alcanzado el objetivo general propuesto con esta práctica, se deberá someter a una evaluación de conocimientos adquiridos, la cual

¹¹ Los niveles de dificultad duro (HARD) y complejo (COMPLEX) se pueden dejar para trabajo en parejas o grupos de no más de tres personas, desarrollado fuera del aula, o de carácter optativo. Sería interesante que experimenten la diversidad de soluciones que pueden plantearse en el trabajo en equipo, y cómo en grupo pueden resolver problemas y ejecutar puentes que por sí mismos les resulten muy difíciles.

debe estar enfocada a la resolución de problemas económicos, más que estructurales o de construcción.

Llegados a este punto, puesto que podemos trabajar restringiendo al alumno la cuantía del presupuesto de construcción (BUDGET), al igual que los materiales a utilizar en la construcción del puente, lo más lógico será proponerle, a título de evaluación, la realización de una fase concreta del simulador. Se le puede plantear, por ejemplo, unos requisitos más estrictos que los iniciales propuestos, en cuanto a presupuesto y/o materiales.

La calificación obtenida en la evaluación estará indudablemente relacionada con la puntuación (SCORE), que arrojará el simulador al alumno, siempre que el puente sea estable y este se haya sometido a los requisitos propuestos. La puntuación de la práctica se puede articular como una variable *gaming*, en la cual el *score* más alto de la clase obtenga la máxima puntuación práctica.

4. Problemas que se pueden presentar

Los principales problemas para la puesta en marcha de la práctica pueden clasificarse en dos grupos:

- Problemas pedagógicos.
- Problemas técnicos.

En relación a los primeros, y con carácter común a cualquier práctica podemos citar la coordinación de las mismas, el entusiasmo/interés puesto por el alumnado y el correcto cumplimiento del cronograma y objetivos que se proponga alcanzar el docente de la asignatura. A priori, consideramos que constituyen los principales problemas pedagógicos con los que podemos enfrentarnos en el desarrollo de estas prácticas¹².

¹² La preparación por parte del profesor y su habilidad en el uso del simulador en todos los niveles, el nombramiento de alumnos monitores de prácticas previamente instruidos, y la experiencia que se genere de un año para otro, permitirán a buen seguro, minimizar los problemas que puedan ir surgiendo en el uso del simulador por parte de los alumnos y en el desarrollo general de esta práctica.

Con respecto a los problemas técnicos, el coste del simulador, parece el único problema con el que nos podemos encontrar en este apartado¹³. No obstante, la página web del simulador permite, la descarga y uso, aunque limitado, de una versión libre gratuita con la que podemos cumplir el cronograma perfectamente.

5. Conclusiones, adaptabilidad y posibilidades de extensión

No cabe duda que existirá en el mercado numeroso software profesional de construcción de estructuras que evalúa con exactitud, costes, presupuestos, materiales, etc. A pesar de ello, el aprendizaje de los alumnos de primeros cursos de Grado, pensamos debe estar más enfocado a la consecución de unos objetivos o fines propuestos en la asignatura, de una forma sencilla, didáctica, y con la posibilidad abierta de ser escalable en dificultad. Creemos que el empleo de este simulador, permitirá acercar al alumno a problemas económicos de forma amena, despertará en el usuario su originalidad en la construcción y capacidad de resolución de problemas, además de estimular las siguientes competencias:

- Resolución práctica de problemas económicos.
- Destrezas en manejar ideas y el entorno en el que se desenvuelven.
- Capacidad de organización y planificación.
- Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio.
- Capacidad para gestionar la información.
- Capacidad para la resolución de problemas.
- Capacidad para la toma de decisiones.
- Destreza para el trabajo en equipo (en su caso).
- Capacidad de aprendizaje.
- Capacidad de adaptación a nuevas situaciones.
- Creatividad o habilidad para generar nuevas ideas.
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.

Por otro lado, una correcta evolución de la práctica, nos ha permitido evaluar esta herramienta pedagógica, con una buena recepción por parte del alumnado. Pensamos

¹³ La instalación del simulador es muy sencilla, y en cualquier caso se puede contar con el apoyo del CSIRC (Centro de Servicios de Informática y Redes de Comunicaciones) de la Universidad, pero el simulador tiene un coste de 19.95 \$, por cada licencia, no obstante la página web permite la descarga y uso, aunque limitado, de una versión gratuita que para la puesta en funcionamiento de esta práctica sería más que suficiente.

también, que se podrían sumar a la propuesta otros docentes de áreas más técnicas, pues hay que tener en cuenta que el simulador, además de la aplicación económica que le hemos dado, permite un uso más enfocado a la construcción o al uso mismo de los materiales, lo cual podría ser muy útil en otras asignaturas del Grado, o en otros Grados, como el de Ingeniería de Caminos, Puertos y Canales o Arquitectura.

Pentium®, ATI®, Windows®, Athlon®, Chronic Logic®, BRIDGE IT®, NVIDIA®, Geforce®, Auran® y DirectX®, son marcas registradas por sus compañías propietarias.

6. Referencias bibliográficas

6.1. Referencias WEB

www.chroniclogic.com/bridgeit.htm

www.auran.com/jet/bridgeit

6.2. Bibliografía citada

1. ANECA, Libro Blanco. Título de Grado en Ingeniería de la Edificación, Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, Madrid, (2005).
2. Rodríguez, J. A. y Ubiña, A. J., en Actas de las I Jornadas sobre Innovación Docente y Adaptación al EEES en las titulaciones técnicas, Proyecto aplicarte: potenciación del trabajo colectivo utilizando las nuevas tecnologías en la docencia de la materia de Economía, en el Grado de Ingeniería de la Edificación, Universidad de Granada, Granada (2010).
3. García Quero, F. et al. en Actas de II Jornadas sobre Innovación Docente y Adaptación al EEES en las titulaciones técnicas, Una aproximación al resultado del aprendizaje por competencias en la materia de Economía en el Grado de Ingeniería de la Edificación, UGR, Granada, (2011)
4. Lipsey, Richard G. y Harbury, Colin, Principios de economía, Vicens Vives, Barcelona (1996).
5. Pindyck, Robert S. y Rubinfeld, Daniel L., Microeconomía, Prentice Hall, Madrid (2009).

6.3. Bibliografía general

Cepeda, I., Economía para ingenieros, Thomson, Madrid, (2004).

Krugman, P. y Wells, R., Introducción a la economía. Microeconomía, Reverté, Barcelona (2006).

Mankiw, N. G., Principios de economía, 4ª ed., Thomson, Madrid (2007).

Samuelson, P., & Nordhaus, W., Economía, 18ª Ed., McGraw-Hill, Madrid (2006).

6.4. Normas legales citadas

Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, (1999).

Orden ECI/3855/2007 de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de arquitecto técnico, (2007).

Real Decreto 1393/2007 de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, (2007).