



Versión Abierta Español – Portugués  
de la  
**Revista Iberoamericana de  
Tecnologías del/da  
Aprendizaje/Aprendizagem**

Una publicación de la Sociedad de Educación del IEEE (Capítulo Español)  
Uma publicação da Sociedade de Educação do IEEE (Capítulo Espanhol)

AGO. 2018

VOL. 6

NÚMERO/NUMERO 3

(ISSN 2255-5706)

---

Prototipado Rápido de Control con Scilab/Scicos/Rtai-lab en el Módulo de Prácticas mic955 de Feedback Instrument .....	
..... <i>Óscar Jaramillo Chamorro, Luis Daladier Guerrero Otoya y Juan Fernando Flórez Marulanda</i>	<b>71</b>
Uso de Dispositivos de Voto Electrónico para Fomentar la Participación de los Estudiantes en Clase y Evaluarlos.....	
..... <i>Antonio M. Mora García, Pedro García Fernández, Pablo García Sánchez</i>	<b>79</b>
<b>Editorial Especial: TICs Aplicadas a la Educación no TIC</b>	
Editorial: .....	<i>Paloma Díaz Pérez, Telmo Zorraonandia Ayo</i> <b>87</b>
La Cortesía de España: Teatro para las Nuevas Generaciones .....	
..... <i>Alejandro Romero-Hernández, Manuel González-Riojo, César Díaz-Faes-Pérez, Borja Manero-Iglesias</i>	<b>89</b>
Innovación en la Universidad: Percepción, Seguimiento y Satisfacción.....	
..... <i>Raquel Arguedas Sanz, Juan Antonio Vicente Vírseda, Rodrigo Martín García y Julio González-Arias</i>	<b>99</b>

---

## CONSEJO/CONSELHO EDITORIAL

### Presidente (Editor Jefe):

Martín Llamas Nistal,  
Universidad de Vigo, España

### Vicepresidente (Coeditor):

Manuel Castro Gil, UNED, España

### Editor Asociado para lengua

#### Portuguesa:

Carlos Vaz do Carvalho,  
ISEP, Oporto, Portugal

### Secretaría:

Gabriel Díaz Orueta, UNED, España

### Miembros:

Manuel Caeiro Rodríguez,  
Universidad de Vigo, España

Juan M. Santos Gago,  
Universidad de Vigo, España

Francisco J. García Peñalvo,  
Universidad de Salamanca, España

Humberto Ramón Álvarez Alvarado,  
Universidad Tecnológica de Panamá y  
LACCEI, Panamá

Jorge Rodríguez,  
Western Michigan University,  
Kalamazoo, and LACCEI, MI,  
EEUU.

José Simó Ten,  
Univerisdad Politécnica de  
Valencia, España

Julián Viejo Cortés,  
Universidad de Sevilla, España

## COMITÉ CIENTÍFICO

Alfonso Lago Ferreiro,  
Universidad de Vigo, España

António José Mendes,  
Universidade de Coimbra,  
Portugal

Antonio Lopez Martin,  
Universidad Pública de  
Navarra, España

António Vieira de Castro,  
ISEP, Portugal

Arturo Molina,  
Tecnológico de Monterrey,  
México

Baltasar Fernández Manjón,  
Universidad Complutense de  
Madrid,  
España

Carlos Delgado Kloos,  
Universidad Carlos III de  
Madrid, España

Claudio R. Brito,  
International Institute of  
Education of  
COPEC, Brasil

Fernando Pescador,  
Universidad Politécnica de  
Madrid,  
España

Gabriel Díaz Orueta, UNED,  
España

Francisco J. Azcondo,

Universidad de Cantabria,  
España

Francisco Javier Arcega  
Solsona,  
Universidad de Zaragoza,  
España

Francisco Jurado,  
Universidad de Jaén,  
España

Gustavo H. Rossi,  
Universidad Nacional de La  
Plata,  
Argentina

Ivan Esparragoza,  
Penn State University, EEUU

J. Ángel Velázquez Iturbide,  
Universidad Rey Juan Carlos,  
España

Jaime Muñoz-Arteaga,  
Universidad Autónoma de  
Aguascalientes, México

Jose Antonio Salvado,  
Instituto Politécnico de  
Castelo Branco,  
Portugal

José Bravo Rodríguez,  
Universidad de Castilla-La  
Mancha,  
España

José Carlos Lourenço  
Cuadrado, ISEP,  
Portugal

Jose Carlos Meireles  
Monteiro  
Metrólho,  
Instituto Politécnico de  
Castelo Branco,  
Portugal

José Carpio,  
Universidad Nacional de  
Educación a  
Distancia (UNED), España

José Palazzo Moreira de  
Oliveira,  
UFRGS, Brasil

Juan C. Burguillo,  
Universidad de Vigo, España

Juan Quemada Vives,  
Universidad Politécnica de  
Madrid,  
España

Luis Anido Rifón,  
Universidade de Vigo,  
España

Luis Jaime Neri Vitela,  
Tecnológico de Monterrey,  
México

M.Felisa Verdejo,  
Universidad Nacional de  
Educación a  
Distancia, España

Manuel José Fernández  
Iglesias,

Universidade de Vigo,  
España

Manuel Ortega Cantero,  
Universidad de Castilla - La  
Mancha,  
España

Maria José Patricio  
Marcelino,  
Universidade de Coimbra,  
Portugal

Oscar Martínez Bonastre,  
Universidad Miguel  
Hernández de  
Elche, España

Pedro C. C. Pimenta,  
Universidade do Minho,  
Portugal

Raul V. Ramirez Velarde,  
Tecnológico de Monterrey,  
México

Samuel Cruz-Lara,  
Universit  de Lorraine,  
Francia

Vitor Duarte Teodoro,  
Universidade Nova de Lisboa,  
Portugal

Xabiel García Pañeda,  
Universidad de Oviedo,  
España

Yannis Dimitriadis,  
Universidad de Valladolid,  
España

Asistente Técnico Editorial – Technical Editorial Assitant

Diego Estévez González

# Prototipado Rápido de Control con Scilab/Scicos/Rtai-lab en el Módulo de Prácticas mic955 de Feedback Instrument

Óscar Jaramillo Chamorro, Luis Daladier Guerrero Otoya y Juan Fernando Flórez Marulanda.

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

Oscar Jaramillo Chamorro, Luis Daladier Guerrero Otoya and Juan Fernando Flórez Marulanda. "Rapid Control Prototyping with scilab / scicos / rtai-lab for the mic955 training module of the feedback instruments", IEEE-RITA, Aug. 2018, Volume 13, Issue 3, Pages 85-92

DOI: <https://doi.org/10.1109/RITA.2018.2862718>

**Title— Rapid Control Prototyping with scilab / scicos / rtai-lab for the mic955 training module of the feedback instruments.**

**Abstract—A Rapid Control Prototyping system for the MIC955 module of the Feedback Instruments is described. The system is supported on a computer with open source tools GNU Linux Fedora, Scilab/Scicos and RTAI-Lab. Following the phases of control system design: Specifications, modelling and identification, analysis controller, simulation, implementation and verification, in a development environment. Communication interfaces enable MIC955 module and a palette of RTAI-Lab components to do rapid control prototyping with the module. It helps to increase system's educational potential in the performance temperature control in the MIC955 module, implementing AntiWindup and Bumpless transfer compensation.**

**Index Terms— AntiWindup – Bumpless Transfer, Linux/RTAI-Lab, PID control, Rapid Control Prototyping, RTAI-Lab**

## I. INTRODUCCIÓN

Las metodologías de diseño asistidas por computador tienen gran relevancia en todas las áreas de la ingeniería, se constituyen en una importante ayuda a los ingenieros dada la creciente complejidad de los procesos. En el campo de la regulación, control y tecnologías de automatización, los Sistemas de Prototipado Rápido de Control o RCP (Rapid Control Prototyping), como método y herramienta de trabajo, permiten integrar diferentes fases de la implementación de un sistema de control, precisando el uso de técnicas de modelado y simulación de procesos, como un paso necesario para su implementación y total

verificación [1]. El RCP es utilizado en diversas industrias como la automotriz, en procesos tales como antibloqueo de frenos y estabilidad de vehículos [2], en la industria aeroespacial en sistemas de control de vuelo [3], en automatización industrial en robots móviles [4], sistemas de navegación [5], servo-control y en el desarrollo de dispositivos médicos [6][7].

En la actualidad muchos laboratorios y empresas en todo el mundo se dedican a desarrollar sistemas RCP comerciales. El principal inconveniente de estos radica en los altos costos de licencias software para ser usados en el sector educativo. Debido a lo anterior algunas universidades han decidido desarrollar sus propios sistemas RCP utilizando opciones que reduzcan los costos, ya sea haciendo uso de software libre, software comercial de menor costo, combinación de software libre y comercial, diseño y construcción de la plataforma hardware, etc. Entre los reportes a nivel internacional se tiene el sistema RCP encargado de controlar un motor desarrollado de la Universidad de Maribor, el cual utiliza el software comercial Matlab/Simulink y como componente hardware se presenta un sistema DSP basado en un controlador de punto flotante [8], también se ha desarrollado un sistema RCP para plataformas con estándar x86 que hace uso del software Linux en combinación con Matlab/Simulink [9], en el Royal Institute of Technology se implementó un sistema RCP basado en un sistema generador Xilinx [10], en el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Cuernavaca se efectuó la automatización de una columna de destilación [11].

En el laboratorio de Control de Procesos de la Universidad del Cauca se cuenta con dos sistemas RCP: control de nivel de un tanque y control de velocidad de un motor DC, basados en herramientas de software libre como Linux, Scilab/Scicos y RTAI-Lab [12]. También se desarrolló la simulación y control en cascada de una planta de nivel en tiempo real, consistente en un filtro pasa bajas RC en la que se hace uso de la herramienta RTAI-LAB [12]. El desarrollo de sistemas RCP free and open source software (FOSS) se ha convertido en una solución dentro de los programas de ingeniería de algunos países, en los cuales se ha evidenciado la necesidad de contar con herramientas en ingeniería de control, que permita a estudiantes

Manuscrito recibido el 26 de diciembre de 2017; revisado 24 de enero de 2018; aceptado 9 de marzo de 2018.

English version received May 21st, 2018. Revised May 29th. Accepted May 29th.

O.J. is with DELTEC, Cra. 1a #7-64 (e-mail: [ojaramillo@deltec.com.co](mailto:ojaramillo@deltec.com.co)) (<https://orcid.org/...>)

L. G. is with University Corporation COMFACAUCA CII 4 #8-30 (e-mail: [lguerrero@unicomfacauca.edu.co](mailto:lguerrero@unicomfacauca.edu.co)) (<https://orcid.org/0000-0003-4690-4569>)

J.F. is with the University of Cauca CII 5 # 4-70 (e-mail: [jflores@unicauca.edu.co](mailto:jflores@unicauca.edu.co)) (<https://orcid.org/0000-0003-1646-4419>)

desarrollar competencias mediante técnicas de aprendizaje activo.

Considerando lo expuesto, el presente trabajo presenta el desarrollo metodológico de un sistema RCP como una herramienta tecnológica para el proceso de educación en ingeniería de control, la cual permite explorar diferentes métodos de control a través del uso de herramientas FOSS. El presente artículo desarrolla en materiales y método el proceso de construcción y descripción de componentes hardware y software del sistema RCP, en el desarrollo experimental se plantean los objetivos tanto del sistema RCP como de las prácticas a realizar, en resultados y discusión las técnicas de control implementados para la validación del sistema RCP para el módulo de temperatura MIC 955 se finaliza con las conclusiones.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología usada consiste en aplicar una serie de actividades para realizar RCP [13]: especificaciones, modelado e identificación, análisis del controlador, simulación, implementación y verificación. Realizando la validación del sistema, con la caracterización de la planta por modelos de primer orden más tiempo muerto; ejecutando un proceso de auto regulación mediante un control Proporcional-Integral-Derivativo (PID); donde los efectos de mayor impacto sobre un proceso con un controlador PID clásico es el Windup [14] y el Bump Transfer [15], en el desarrollo del sistema para una relevancia pedagógica se da la opción al usuario de activar los métodos de compensación de estos efectos adversos, con el fin de observar la importancia de su corrección. Entre los materiales y equipos usados se cuenta con el desactualizado módulo de temperatura MIC955 de la empresa inglesa Feedback. Un computador personal (PC) convencional: procesador Intel Pentium 4 de 2200 MHz, memoria RAM DDR1 de 1024 MB, disco duro de 20 GB y RTOS GNU Linux Fedora 7/RTAI. Finalmente, como componente FOSS el conjunto de herramientas de RTAI-Lab.

### A. Módulo de Temperatura MIC955

Módulo didáctico portable de la serie MICA de la empresa inglesa Feedback lanzado al mercado en 1981 usando un PC [16]. El MIC955 es una planta térmica elemental diseñada originalmente para prácticas de: medición digital de temperatura, manipulación de potencia eléctrica y diseño de lazos de control retroalimentado sencillos. La tarjeta principal está compuesta por dos unidades (Figura 1): un panel compuesto por una tira de aluminio negro anodizado, dos resistencias calefactoras activadas desde un PC y una resistencia de Pt-100 usada como sensor de temperatura; un ventilador refrigerador con tres modos de configuración (programado, desactivado y manual). En manual la velocidad se varía con un potenciómetro. En modo programado es activado desde un PC [16]. El sensor de temperatura está conectado a un circuito puente de Wheatstone DC, que convierte variaciones de resistencia a voltaje, que se amplifican y equilibran a 0°C, con una sensibilidad de 20mV/°C. La señal analógica resultante está conectada a un conversor analógico digital de 8 bits, transmitidos al PC al recibir orden de envío. Las señales de

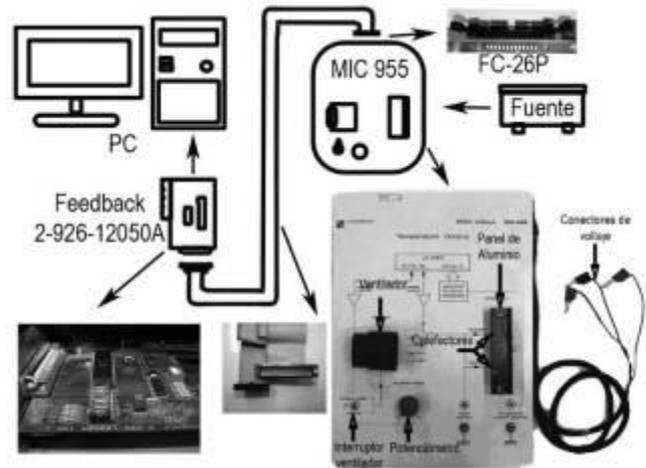


Fig. 1. Componentes del módulo de temperatura MIC955.

activación del ventilador y calefactores están acopladas a un circuito amplificador de potencia. El módulo se alimenta mediante una fuente de voltaje externa a través de tres conectores: +12v, -12v y Tierra. La interfaz de comunicación MIC955 – PC se hace por medio de la tarjeta Feedback 2-926-12050A, compatible con el estándar TTL, instalada en un puerto ISA en el PC.

### B. GNU Linux en tiempo real y RTAI Lab

Se usa como sistema operativo en tiempo real o RTOS (Real Time Operative System) para GNU Linux el denominado RTAI (Real Time Application Interface) [17]. RTAI-Lab es un conjunto de herramientas software incluidas en la distribución de RTAI; permite desarrollar sistemas de control mediante diagramas de bloques y generar tareas de tiempo real asociadas a estos, las cuales son ejecutadas en el RTOS GNU Linux Fedora 7/RTAI y posteriormente monitoreadas y controladas a través de una interfaz gráfica de usuario (GUI).

El conjunto de herramientas de RTAI-Lab están basadas en investigaciones anteriores [18]:

- Scilab/Scicos: Software de cálculo numérico de libre distribución. Entre las herramientas de Scilab, se encuentra Scicos, un editor de diagramas de bloques usado para crear simulaciones y generar automáticamente tareas de tiempo real. Scilab/Scicos conforman el ambiente necesario para un sistema de prototipado rápido de control.
- RTAI 3.8.1: SOTR distribuido como paquete, el cual fue aplicado al kernel de GNU Linux Fedora 7. Durante la instalación de RTAI se inserta un subkernel, que da prioridad a la ejecución de tareas de tiempo real. RTAI permite usar FIFOS (First In – First Out) y segmentos de memoria para transferir datos entre procesos en espacio de usuario y en tiempo real.
- RTAI-Lib: Paleta de bloques de Scicos de la distribución de RTAI-Lab que permite diseñar diagramas de bloques con sensores y actuadores, para ser compilados dentro del software DSCAC Scilab/Scicos. Esta paleta provee una interfaz entre RTAI y el hardware de adquisición de señales.
- Xrtailab: Software que emula un osciloscopio, se conecta a procesos en tiempo real, permite visualizar y monitorear señales y eventos de tiempo real, utiliza

indicadores, scopes y leds simulados. Xrtailab permite el ajuste de parámetros de las tareas de tiempo real.

- Comedi: Conjunto de drivers, librerías de funciones y API para interactuar con los dispositivos hardware de adquisición de señales [19].

C. *Sistemas hardware y software implementados para el MIC955*

- Sistema de comunicaciones interfaz MIC955

El puerto paralelo y la tarjeta Feedback 2-926-12050A del MIC955 trabajan con el estándar TTL, por tanto, se optó por utilizar este puerto para realizar la conexión física entre el módulo y el PC realizando un cableado directo entre el conector hembra DB25 del PC y el conector macho FC-26P del MIC955, sin necesidad de diseñar algún tipo de dispositivo de adaptación de corrientes o voltajes. Sin embargo, el orden y funciones de las señales IN/OUT del MIC955 presentes en el conector FC-26P no coinciden con las señales y funciones del puerto paralelo del conector DB25, por lo que la conexión debe realizarse teniendo en cuenta un mapeo de señales específico (Figura 2).

- *Salidas del MIC955:* La salida del ADC, asociada a la señal de temperatura, tiene 8 bits y el registro de estado del puerto paralelo (usado para lectura) solamente tiene 5 bits, por tanto, no es posible realizar conexión directa entre éstos. Por lo que se utilizó el registro de datos del puerto paralelo para leer la salida del conversor, configurándolo previamente en modo bidireccional, sin embargo, la prioridad de los bits de salida del MIC955 tiene orden descendente en relación con su número de pin, siendo el 21 el de menor peso y el 14 el de mayor, realizando la conexión de forma inversa, haciendo coincidir los pines del 14 al 21 del FC-26P correspondientemente con los pines del 9 al 12 del DB25 (Figura 2).
- *Entradas del MIC955:* Requiere de 3 entradas correspondientes a las señales de activación del calentador, ventilador y de inicio de conversión,

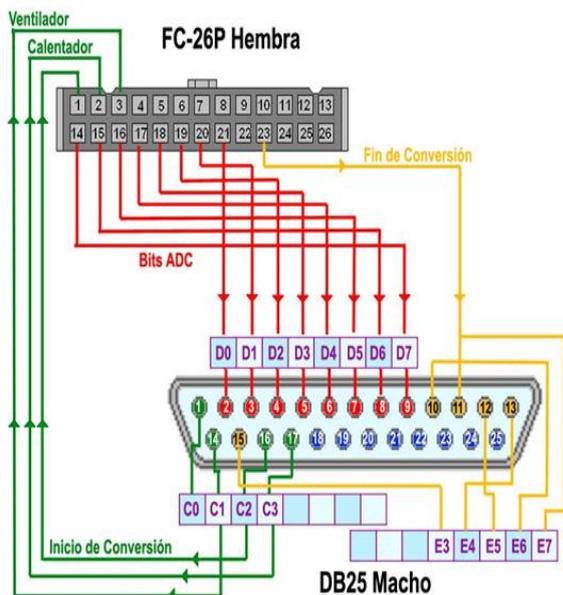


Fig. 2. Mapeo de señales FC26P-DB25.

las que fueron acopladas a 3 de los 4 bits del registro de control de la siguiente manera: Ventilador a Control 1 (Auto Feed), Calentador a Control 3 (Select) e Inicio de Conversión a Control 2 (Initialize). Finalmente, la señal fin de conversión del MIC955 (pin 23 del FC-26P) correspondiente a Busy en el conversor ADC, se conectó al pin 11 equivalente a Busy en el registro de estado del puerto paralelo (Figura 2).

- Software implementado para el módulo MIC955  
Paleta RTAI-Lab MIC955: Se diseñó e implementó una paleta de bloques RCP-MIC955 en Scicos, que permite agregar módulos software de entrada y salida a la interfaz de comunicación MIC955-PC, integrando bloques de controladores ON/OFF y PID con antiWindup y Bumpless Transfer (AWBT), y elementos adicionales para realizar el control de temperatura en el módulo MIC955 (Figura 3) [12].

- *MIC955:* Realiza la conexión en tiempo real entre el módulo MIC 955 y Scicos. Su entrada es la señal Esfuerzo de Control (EC) normalizada y su salida son las señales “Temperatura (grados centígrados)” y “Temperatura normalizada”, correspondiente a la Variable Controlada (VC) en dos formatos dependiente de parámetros internos del bloque transmisor
- *Bloque Normalización:* Transforma la VC de unidades de ingeniería a variable normalizada entre 0 y 1.
- *Bloque Parámetros:* Permite configurar parámetros del sistema de control (Figura 4).
- *Bloque MCM:* Accesorio para seguimiento (tracking) de señales del controlador PID,



Fig. 3. Paleta RCP-MIC955 en Scicos.

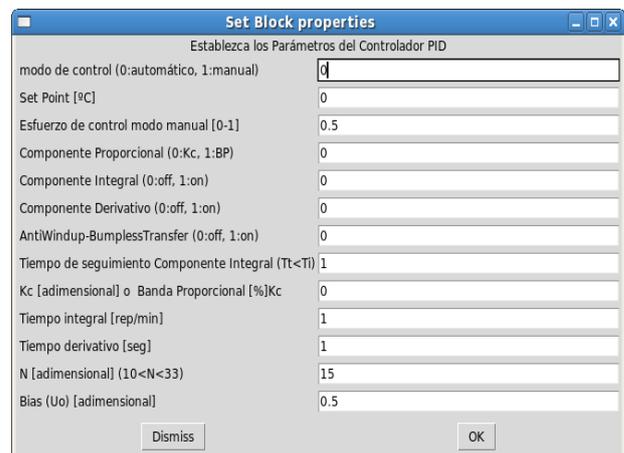


Fig. 4. Ventana de configuración. Bloque de parámetros.

activado según requerimientos del sistema de control.

- *Bloque Control ON-OFF*: Algoritmo de un controlador ON-OFF con histéresis.
- *Bloque PID con Filtro Derivativo*: Controlador PID con filtro derivativo, implementado en espacio de estado.
- *Bloque PID Clásico*: Controlador PID Clásico, implementado en espacio de estado.
- *Bloque Constante RT*: Permite el cambio en línea del valor de parámetros del sistema de control.

### III. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Después de la fase de construcción y adecuación del sistema RCP propuesto, se plantearon prácticas de laboratorio para afianzar los conocimientos de los estudiantes en los temas de control PID en lazo cerrado, estructuras de controladores, métodos de sintonización, y de compensación AntiWindup y Bumpless Transfer. Los objetivos de las prácticas son:

#### 1. Definición de los objetivos y/o requerimientos del sistema de control y selección de la estructura del controlador PID.

Un controlador PID puede operar de dos formas: Regulador, en este caso el valor deseado (set point SP) permanece constante y se desea que el sistema sea insensible a disturbios. Servo control, el SP puede cambiar en el tiempo, requiriendo un buen seguimiento de este.

Es obligatorio especificar con claridad los requerimientos del sistema de control, pues la respuesta un controlador PID que opera en lazos servo controlados es muy diferente a la respuesta del mismo controlador en lazos de control regulatorio.

Por último, con base en estos requerimientos se puede decidir cuál será la estructura del controlador PID (Controlador con Filtro Derivativo o Controlador PID Clásico) que se va a utilizar en el control del proceso térmico del módulo MIC955 y las características adicionales que puedan agregarse al controlador PID, por ejemplo, si se requiere activar la protección AWBT, si es necesario un módulo de seguimiento del esfuerzo de control manual, etc.

#### 2. Identificación y validación de un modelo POMTM del proceso térmico que ocurre en el módulo MIC955.

Esta actividad consiste en definir un punto de operación determinado (Potencia, Temperatura) y con base en este punto de operación, identificar los parámetros de un modelo de primer orden más tiempo muerto (POMTM) asociado al proceso térmico que ocurre en el módulo MIC955.

#### 3. Sintonización de los parámetros del controlador PID mediante métodos de ajuste válidos para el modelo POMTM.

El objetivo de esta actividad es determinar los parámetros del controlador PID que permitan cumplir con los requerimientos y especificaciones que se establecieron para el sistema de control. El procedimiento de sintonización del controlador PID para operar en lazo de control regulatorio y servo controlados consiste de los siguientes pasos:

- a. Con base en los requerimientos del sistema de control (operación en lazos regulatorios o servo

controlados), la estructura del controlador PID (Controlador con Filtro Derivativo o Controlador PID Clásico) y la información que provee el modelo POMTM obtenido, se debe elegir los métodos de sintonización válidos para el modelo POMTM.

- b. Calcular los parámetros del controlador mediante las fórmulas de ajuste que provee cada método de sintonización.

Para el cumplimiento de las prácticas de laboratorio, en el desarrollado del sistema RCP se debe cumplir 3 requerimientos de evaluación, antes de la puesta en marcha del sistema:

1. Diseño, implementación y simulación de una versión prototipo del sistema de control mediante diagramas de bloques.
2. Diseño y generación del código ejecutable (tarea en tiempo real) de la versión prototipo del sistema de control en el sistema de RCP.
3. Pruebas operacionales de la versión prototipo del sistema de control en el módulo MIC955 (ejecución de la tarea en tiempo real).

### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta el procedimiento utilizado para la validación del sistema RCP, así como los resultados y discusión de los mismos.

#### A. Identificación y Validación de la Planta

El proceso de identificación consiste en definir un punto de operación de la planta: Potencia, Temperatura (16 % Potencia, 50 °C) e identificar parámetros de un modelo de primer orden más tiempo muerto (POMTM) asociado al proceso. El procedimiento usado es:

- Con controlador en modo manual establecer EC en 16% (actuador entrega 16% de potencia disponible), esperar que la VC se estabilice.
- Aplicar un cambio de 20 % en el EC (el actuador entrega el 36 % de potencia disponible), esperar que la VC se estabilice.
- Registrar respuesta del proceso y variación en el EC.
- Con el controlador en modo manual establecer el EC en 16 % (actuador entrega 16 % de potencia disponible), esperar que la VC se estabilice.
- De acuerdo al método basado en curva de reacción obtener los parámetros dinámicos del proceso térmico (ganancia, constante de tiempo y tiempo muerto).
- Comparar respuesta del modelo POMTM con la respuesta del proceso.

La curva de reacción del proceso térmico en el MIC955 fue obtenida mediante diagrama de bloques diseñado en Scilab (Figura 5). El bloque Step representa el EC necesario para llevar la VC al punto de operación.

La identificación se realiza con dos métodos de dos puntos, de Alfaro y de Smith, que usan modelos POMTM. A partir de curva de reacción del proceso en lazo abierto con elección de dos puntos de Smith [20], se obtiene el modelo (1):

$$G_p(s) = \frac{2.75e^{-9.709s}}{164.25s + 1} \quad (1)$$

Con método de Alfaro [21], se obtiene el modelo (2):

$$G_p(s) = \frac{2.75e^{-12.5s}}{154.5s + 1} \quad (2)$$

Se verifica el desempeño de los modelos bajo índices, integral absoluta del error IAE e integral del error al cuadrado ISE, comparando temperatura real con predicha por modelos (Tabla I).

La respuesta de los modelos POMTM es similar, aunque no exacta a la respuesta real de temperatura (Tabla I). El método de Alfaro es más preciso (Figura 6).

**B. Selección y sintonización del controlador PID**

El objetivo es determinar valores de parámetros de controlador PID, que permiten cumplir con requerimientos y especificaciones establecidas para el sistema de control. El procedimiento de sintonización del controlador PID, para operar en lazo de control regulatorio, consiste de los pasos:

- A partir de requerimientos del sistema de control (operación en lazo regulatorio), la estructura del controlador PID e información del modelo POMTM, elegir los métodos de sintonización válidos.
- Calcular parámetros del controlador PID mediante las fórmulas de ajuste que provee cada método de sintonización.

Generalmente los métodos de sintonización de controladores PID para procesos autorregulados, se clasifican de acuerdo a la información requerida para su uso o a criterios de desempeño [22].

En el presente trabajo se limitan los métodos de sintonización a los basados en los modelos POMTM. Entre

TABLA I  
Índices de desempeño de modelos POMTM.

Método	IAE	ISE
Alfaro	1,403.5764	354.1979
Smith	1,872.6797	592.4214

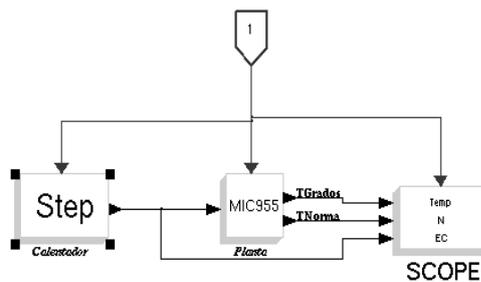


Fig. 5. Diagrama de bloques en Scicos para obtener la curva de reacción del proceso térmico MIC955.

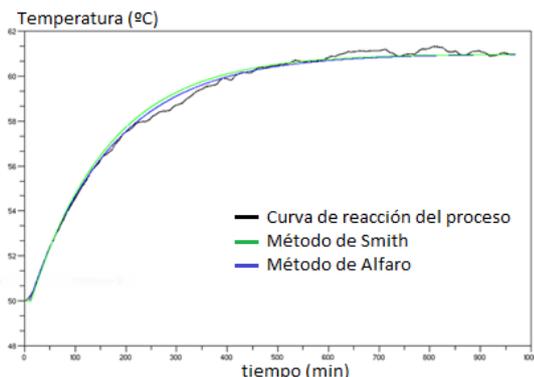


Fig. 6. Curva de reacción del proceso térmico del módulo MIC955.

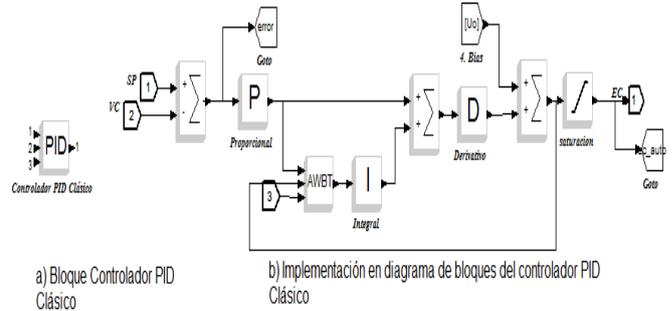


Fig. 7. Implementación en diagrama de bloques PID clásico en Scicos.

los criterios de selección de estos métodos de sintonización están:

- **Estructura del controlador PID:** Controlador PID Clásico
- **Modo de operación del sistema de control:** Control regulatorio
- **Método de identificación utilizado para obtener los parámetros del modelo POMTM:** Método de Smith.

Con el diagrama de bloques del controlador PID clásico (Figura 7) implementado en Scicos; se plantean los métodos de sintonización (Tabla II) elegidos para el ajuste del controlador PID Clásico [23], su modo de operación y los valores de los parámetros del controlador. La elección de estos métodos dependerá de las especificaciones de diseño y los requerimientos del sistema a controlar.

**C. Diseño y generación del código ejecutable (tarea en tiempo real) de la versión prototipo del sistema de control en el sistema RCP**

Respecto al diagrama de bloques utilizado (Figura 8) se genera la tarea en tiempo real asociada a la versión prototipo del sistema de control regulatorio. En este diagrama se usan la mayoría de bloques de la paleta RCP-MIC955 y el bloque Scope de la paleta RTAI-Lib.

**D. Pruebas operacionales de la versión prototipo del sistema de control en el módulo MIC955 (ejecución de la tarea en tiempo real)**

Se implementa el sistema de control en tiempo real utilizando un controlador PID clásico sintonizado con el método mínimo ITAE [23], de la sección anterior. La validación se efectúa tanto con la protección AWBT como sin protección AWBT.

- Sistema de control sin protección AWBT

Inicialmente se debe llevar la variable controlada a un valor cercano al punto de operación deseado, realizando de forma manual los siguientes pasos:

- Configurar el controlador PID en modo automático.
- Sintonizar el controlador PID con el método mínimo ITAE.
- Deshabilitar la protección AWBT.
- Seleccionar un SP (45°C) cercano al punto de operación en el cual el modelo fue obtenido (16% de Potencia, 50 °C).
- Activar el sistema de control. Esperar hasta que el proceso se estabilice.

Los eventos programados, que deben ocurrir en el lazo de control regulatorio, son:

- Aplicar un cambio en el SP (55 °C) en el instante t = 360 segundos. Esperar hasta el proceso se estabilice.

- b. Aplicar un disturbio de magnitud pequeña (encender el ventilador) con una duración igual a 180 segundos en el instante  $t = 840$ .
- c. Aumentar la magnitud del disturbio en el instante  $t = 1,020$  segundos.
- d. Cancelar el disturbio (apagar el ventilador) en el instante  $t = 1,200$ . Esperar hasta que el proceso se estabilice.
- e. Cambiar de modo de operación de automático a manual en el instante  $t = 1,560$  segundos.
- f. Cambiar el valor del EC manual de 25 % a 36 % en el instante  $t = 1,620$ .
- g. Cambiar el valor del EC manual de 36 % a 16 % en el instante  $t = 1,740$ .
- h. Cambiar el valor del EC manual de 16 % a 25 % en el instante  $t = 1,960$ .
- i. Cambiar de modo de operación de manual a automático en el instante  $t = 1,980$  segundos.
- j. Registrar la respuesta del proceso y las señales de interés hasta el instante  $t = 2,500$  segundos.

Se observa una respuesta con sobre impulso (figura 9) cuando el controlador PID lleva la VC al SP de 45°C, el controlador PID está configurado en modo automático sin protección AWBT. El mismo fenómeno pero más pronunciado se presenta en el instante  $t=360$  segundos, donde se muestra como un cambio abrupto en el SP satura el EC del controlador, lo cual significa que el error continúa siendo integrado y por tanto el término integral puede hacerse grande presentándose un gran sobresalto. En el intervalo de 840 a 1,200 segundos se aplica un disturbio, durante los primeros 180 segundos el controlador logra corregir la desviación generada por el pequeño disturbio sin embargo cuando en  $t= 2,020$  segundos el disturbio aumenta de magnitud la VC cae por debajo del SP y el EC termina saturado cuando el controlador trata de llevar la VC al valor deseado. La VC se estabiliza por debajo del SP presentándose un error positivo que la acción integral acumula. Cuando en  $t=1,200$  segundos se retira el disturbio el EC continúa en saturación por varios segundos (debido a una gran área de error positiva integrada) lo que genera un rápido incremento de la VC que supera al SP (se presenta un comportamiento como de un sistema en lazo abierto). Todo esto conduce a un sobre impulso que se manifiesta en la presencia ahora de un error negativo que satura el EC por lo bajo, hasta que la acción integral se recupera y el controlador genera una señal de control que logra estabilizar la VC. Los diferentes fenómenos descritos son manifestaciones del windup que se corrige cuando se habilitan técnicas de AWBT en el controlador.

En el instante  $t = 1,560$  segundos se procede a cambiar de modo de operación de automático a manual. Se observa (figura 9) como el esfuerzo de control en automático se satura en el límite inferior y la VC aumenta o disminuye acorde a las variaciones del esfuerzo de control manual. Cuando en  $t= 1,980$  segundos el modo de operación vuelve a cambiar de manual a automático, se presenta una fuerte caída en la VC debido a la gran diferencia de valor entre los dos esfuerzos de control que finaliza con un fuerte sobresalto negativo en la VC. Esto se conoce como "salto de transferencia" y también se corrige cuando se habilitan técnicas de AWBT en el controlador. El salto de transferencia se debe a que durante el modo manual el EC

automático permaneció en saturación por lo bajo y la acción integral continuó acumulando área bajo la curva. Mientras la acción integral se recupera, se presenta este sobresalto negativo en la VC. Finalmente, se observa (Figura 9) que el error en estado estacionario de la VC se encuentra en oscilación permanente, lo cual se debe a disturbios externos difíciles de controlar como la temperatura ambiente, la presencia de corrientes de aire frío, etc.

#### - Sistema de control con protección AWBT

Para implementar el sistema de control con protección AWBT el procedimiento a seguir es el mismo de la sección precedente, sólo que en este caso se activa el AWBT. Se observa (figura 10) el efecto significativo que provee la protección AWBT para el cambio de SP en el instante  $t = 360$  segundos. El sobre impulso y las oscilaciones de la respuesta del proceso son menores a las que se presentan cuando esta desactivada la protección AWBT. Otra característica es que el sistema de control presenta un tiempo de establecimiento menor.

En el instante  $t=840$  segundos, se aplica un disturbio mediante la programación del encendido del ventilador. Durante los primeros 180 segundos el controlador logra corregir la desviación generada por el pequeño disturbio, sin embargo, cuando el disturbio aumenta de magnitud la VC cae por debajo del SP y el EC termina saturado cuando el controlador trata de llevar la VC al SP. La VC se estabiliza por debajo del SP presentándose un error positivo que la acción integral acumula, pero en forma ponderada por la técnica AWBT del controlador. Por lo que cuando en  $t=1,200$  segundos se retira el disturbio el EC no continúa en saturación, se presenta el rápido incremento de la VC que supera al SP, pero el sobresalto por windup presente en la VC no es tan representativo gracias a la técnica AWBT habilitada en el controlador.

En el instante  $t = 1,560$  segundos se procede a cambiar de modo de operación de automático a manual. Se observa (figura 10) como inicialmente el EC automático se satura en el límite inferior, pero gracias a la técnica AWBT habilitada el EC automático se recupera e intenta seguir las variaciones del EC manual. Cuando en  $t= 1980$  segundos el modo de operación vuelve a cambiar de manual a automático, no hay una fuerte diferencia entre los valores de los dos esfuerzos de control por lo que no se presenta un sobresalto en el valor de la VC durante el salto de transferencia. Se observa (Figura 10) que el efecto de este salto en la VC es mínimo debido a la habilitación de la técnica AWBT.

En el instante  $t=840$  segundos, se perturba mediante la

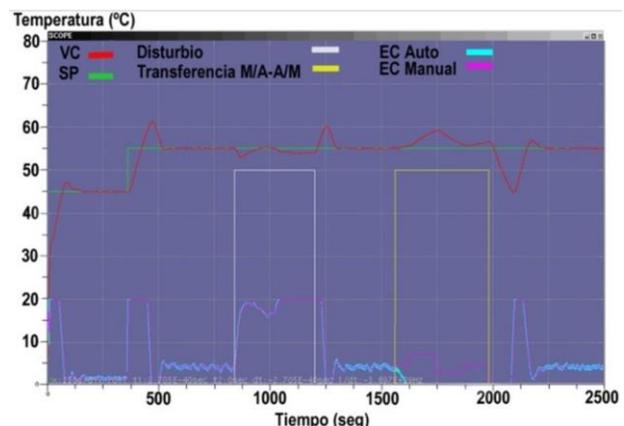


Fig. 9. Respuesta de la versión prototipo del sistema de control regulatorio sin protección AWBT.

programación del encendido del ventilador. Este disturbio tiene una duración de 360 segundos, de los cuales 180 segundos corresponden a una magnitud pequeña en este y los restantes 360 segundos a una magnitud mayor.

Evidenciando un gran impulso (Figura 10) que se presenta en la VC cuando se cancela la perturbación: el esfuerzo de control automático llega al límite superior de saturación, sin embargo, la magnitud del disturbio es tan grande que la VC comienza a disminuir. Durante este tiempo el término integral empieza a acumular esta área positiva. Cuando el sistema vuelve a operación normal, el EC está saturado en su límite superior debido a la acumulación del área positiva por parte de la componente integral, por esta razón la VC sobrepasa el valor del SP y continúa incrementado su valor: el sistema se comporta como un sistema en lazo abierto. Este fenómeno no lineal se conoce como efecto Windup y se puede contrarrestar mediante la aplicación de técnicas antiWindup (Figura 10).

En el instante  $t = 1,560$  segundos se procede a cambiar de modo de operación de automático a manual. En la Figura 10, se observa como el esfuerzo de control automático se satura en el límite inferior. Cuando el modo de operación vuelve a cambiar de manual a automático, se presenta una caída en el valor de la VC, debido a la saturación del EC automático; se observa que el efecto de esta saturación es mínimo debido a la habilitación de la técnica AWBT: el esfuerzo de control automático intenta seguir las variaciones del EC manual.

Después de la implementación del sistema RCP, se introdujo en las prácticas extracurriculares del curso de Instrumentación Industrial del programa de Ingeniería en Automática Industrial, este curso en promedio cuenta con 30 estudiantes quienes en grupo de 4 personas desarrollan la práctica cada semestre; a la fecha 120 estudiantes la han realizado, los cuales han logrado comprender los fenómenos de WindUp y Bump transfer, y sus respectivos métodos de compensación en los controladores PID; mejorando significativamente su experiencia en control industrial.

## V. CONCLUSIONES

Se diseñó e implementó un Sistema de Prototipado Rápido de Control para el módulo de prácticas MIC955 de la empresa Feedback, basado en el uso de tecnología FOSS: RTAI-Lab, un equipo de cómputo convencional y el desarrollo de interfaces de comunicación adecuadas. Este sistema RCP posee características similares a las soluciones propietarias, pero a un menor costo.

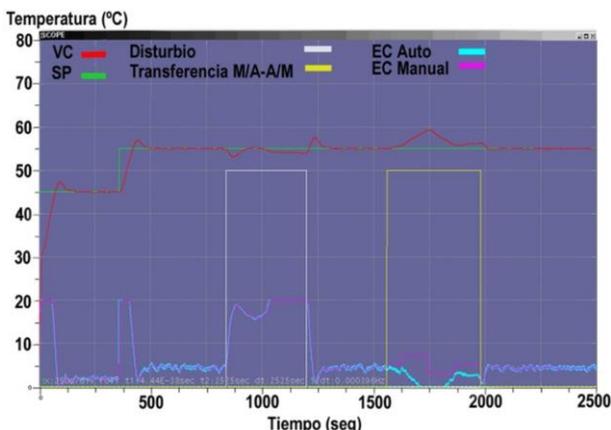


Fig. 10. Respuesta de la versión prototipo del sistema de control regulatorio con protección AWBT.

Se demostró el potencial pedagógico que tiene esta herramienta en la enseñanza de sistemas de control, pues a través de este sistema es posible analizar el efecto que causan algunos fenómenos no lineales como el Bump Transfer y el Windup del integrador, fenómenos que se mencionan en las clases teóricas pero que no se examinan de manera profunda en la práctica por la dificultad de contar con plataformas sencillas de experimentación.

La versatilidad y robustez de este sistema permite desarrollar otras estrategias de control como sistemas de control digital, control en cascada, entre otras, además de explorar diferentes métodos de identificación paramétrica.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Laboratorio de Control de Procesos de la Facultad de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, por el apoyo en la realización del presente trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] T. Schild, J. Fütterer, and D. Müller, "A mode-based implementation framework for advanced control methods in building automation systems with Petri-Nets," in *Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), 2017 IEEE International Conference on*, 2017, pp. 213–218.
- [2] M. M. D. Santos, J. H. Neme, F. R. Franco, S. L. Stevan Jr, W. Torres, A. B. Lugli, A. A. M. Laganá, and J. F. Justo, "Rapid Control Prototyping for Automotive Software in Power Windows Systems," *Int. J. Innov. Comput. Inf. Control*, vol. 11, no. 4, 2015.
- [3] C. Vermillion, B. Glass, and B. Szalai, "Development and full-scale experimental validation of a rapid prototyping environment for plant and control design of airborne wind energy systems," in *ASME 2014 dynamic systems and control conference*, 2014, pp. V002T18A001–V002T18A001.
- [4] K. Kim, A. K. Agogino, D. Moon, L. Taneja, A. Toghyan, B. Dehghani, V. SunSpiral, and A. M. Agogino, "Rapid prototyping design and control of tensegrity soft robot for locomotion," in *Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2014 IEEE International Conference on*, 2014, pp. 7–14.
- [5] B. L. Stevens, F. L. Lewis, and E. N. Johnson, *Aircraft control and simulation: dynamics, controls design, and autonomous systems*. John Wiley & Sons, 2015.
- [6] M. M. Hanasono and R. J. Skoracki, "Computer-assisted design and rapid prototype modeling in microvascular mandible reconstruction," *Laryngoscope*, vol. 123, no. 3, pp. 597–604, 2013.
- [7] A. Villoslada, A. Flores, D. Copaci, D. Blanco, and L. Moreno, "High-displacement flexible Shape Memory Alloy actuator for soft wearable robots," *Rob. Auton. Syst.*, vol. 73, pp. 91–101, 2015.
- [8] B. dos Santos, R. E. Araujo, D. Varajao, and C. Pinto, "Rapid prototyping framework for real-time control of power electronic converters using simulink," in *Industrial Electronics Society, IECON 2013-39th Annual Conference of the IEEE*, 2013,

- pp. 2303–2308.
- [9] A. Bonci, S. Imbrescia, M. Pirani, and P. Ratini, “Rapid prototyping of open source ordinary differential equations solver in distributed embedded control application,” in *Mechatronic and Embedded Systems and Applications (MESA), 2014 IEEE/ASME 10th International Conference on*, 2014, pp. 1–6.
- [10] S. J. Pinto, G. Panda, and R. Peesapati, “An Implementation of Hybrid Control Strategy for Distributed Generation System Interface Using Xilinx System Generator,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 13, no. 5, pp. 2735–2745, 2017.
- [11] M. H. Cervantes, A. C. T. Anguiano, M. C. G. Ramírez, C. M. A. Zaragoza, and E. R. Archundia, “Validación experimental de un Observador de Alta Ganancia Reconfigurable para una columna de destilación,” *Rev. Iberoam. Automática e Informática Ind. RIAI*, vol. 12, no. 4, pp. 397–407, 2015.
- [12] C. B. Orobio and J. F. F. Marulanda, “Sistema de Prototipado Rápido de Control para una Planta Didáctica Motor DC,” *Rev. Tecno Lógicas*, no. 30, pp. 95–115, 2013.
- [13] L. G. Kopylova, S. A. Samarinsky, S. V. Tararykin, and I. A. Tikhomirova, “Development and Practical Application of a Multifunctional Test Bench for Experimental Research of Precise Mechatronic Systems,” *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 46, 2016.
- [14] C. Bohn and D. P. Atherton, “An analysis package comparing PID anti-windup strategies,” *IEEE Control Syst. Mag.*, vol. 15, no. 2, pp. 34–40, 1995.
- [15] Q. Chen, Y. Li, and J. E. Seem, “Bumpless Transfer-Based Inter-Region Controller Switching of Wind Turbines for Reducing Power and Load Fluctuation,” *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 7, no. 1, pp. 23–31, 2016.
- [16] F. I. Limited, “Manual Sp955 EdA 0183.” 1983.
- [17] R. Raju and K. N. Shubhanga, “Implementation of a RTAI-Linux-based PLL and firing pulse generation for a laboratory TCSC,” in *Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES), 2014 IEEE International Conference on*, 2014, pp. 1–6.
- [18] R. Bucher, S. Mannori, and T. Netter, “RTAI-Lab tutorial: Scilab, Comedi, and real-time control,” *Recuper. el*, vol. 26, 2008.
- [19] M. Korsgaard, “Process-Oriented Real-time Programming,” 2013.
- [20] A. Pawlowski, J. L. Guzmán, M. Berenguel, F. G. Ación, and S. Dormido, “Event-Based Control Systems for Microalgae Culture in Industrial Reactors,” in *Prospects and Challenges in Algal Biotechnology*, Springer, 2017, pp. 1–48.
- [21] L. A. Mora and J. E. Amaya, “Un Nuevo Método de Identificación Basado en la Respuesta Escalón en Lazo Abierto de Sistemas Sobre-amortiguados,” *Rev. Iberoam. Automática e Informática Ind. RIAI*, vol. 14, no. 1, pp. 31–43, 2017.
- [22] M. J. Neath, A. K. Swain, U. K. Madawala, and D. J. Thrimawithana, “An optimal PID controller for a bidirectional inductive power transfer system using multiobjective genetic algorithm,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 29, no. 3, pp. 1523–1531, 2014.
- [23] H.-P. Huang and Y.-C. Chao, “Optimal tuning of a practical digital PID controller,” *Chem. Eng. Commun.*, vol. 18, no. 1–4, pp. 51–61, 1982.

**Oscar Jaramillo Chamorro** es Ingeniero en Automática Industrial de la Universidad del Cauca. Desde el año 2012 desarrolla su labor profesional en funciones de planeación, coordinación, dirección y seguimiento de procesos operativos y administrativos en proyectos de gestión integral de mediciones energéticas, que incluyen la instalación y mantenimiento de equipos de medida en conexión directa, indirecta, semi-directa y sistemas de Infraestructura de Medición Avanzada.

**Luis Daladier Guerrero Otoya** es Ingeniero Mecánico de la Universidad Autónoma de Occidente, con especialización en Automatización Industrial de la Universidad del Valle. En el 2014 empezó la docencia en la Universidad del Cauca, desde el 2016 ejerce su labor docente en la Corporación Universitaria COMFACAUCA; orientando materias en el área de medición, instrumentación, y control, tales como metrología, materiales de ingeniería, sistemas hidráulicos y neumáticos; participando en investigaciones relacionadas a implementación de sistemas de automatización.

**Juan Fernando Flórez Marulanda** es Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, realizando especialización en Redes y Servicios Telemáticos, y en Informática Industrial, con maestría en Ingeniería en Electrónica de la Universidad del Cauca. Ejerciendo la labor docente en la Universidad del Cauca desde 1998 orientando materias en el área de instrumentación, control, y automatización; dirigiendo a su vez trabajos de grado relacionados con estándares ISA, ISO e IEEE, eficiencia energética en la industria, y metodología de automatización de procesos industriales.

# Uso de Dispositivos de Voto Electrónico para Fomentar la Participación de los Estudiantes en Clase y Evaluarlos

P. García-Fernández, A.M. Mora, P. García-Sánchez

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

P. García-Fernández, A.M. Mora, P. García-Sánchez. "Using Electronic Voting Devices for Increasing Students' Participation in the Classroom and Evaluating them", IEEE-RITA, August. 2018, Volume 13, Issue 3, Pages 93-100

DOI: <https://doi.org/10.1109/RITA.2018.2862719>

**Title— Using Electronic Voting Devices for Increasing Students' Participation in the Classroom and Evaluating them**

**Abstract— Inside the context where university teaching is immersed, inside the European Higher Education Area (EHEA), it is needed to propose new motivation ways to engage students in the classes. One approach consists in the increase of homework relevance, but as technology advances, another option is to apply it inside the classroom, given that students definitely prefer the application of active methodologies rather than passive ones, and moreover, they enjoy the use of interactive devices. This work presents an experience performed in several technical subjects of two Grades at the University of Granada (Spain). Students of these subjects used an electronic voting system in the classes. Obtained results along two academic courses are presented and analyzed, yielding figures to support the effectiveness of this proposal, both considering the students' evaluation results and their opinion (in different polls) about the experience.**

**Index Terms— University teaching, Students' motivation, Class participation, Evaluation, Electronic voting system.**

## I. INTRODUCCIÓN

EN el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) se está desarrollando un proceso de innovación en las metodologías docentes, las cuales aplican en muchos casos nuevas tecnologías al proceso educativo. Éstas facilitan la implementación de un modelo de enseñanza más acorde a las exigencias del EEES [18], las cuales pretenden impulsar y fomentar el trabajo del alumno, con el objetivo de aumentar su participación en la asignatura. Un posible enfoque sería transformar su rol en las clases, pasando de ser un mero 'espectador', a ser un actor más activo y participativo, a fin de mejorar el proceso de aprendizaje del estudiante.

Una característica del modelo de Bolonia con la adopción del crédito ECTS (European Credit Transfer System) es que

el alumno ha de ser evaluado de forma continua por el trabajo que desarrolla a lo largo de todo el curso, valorando la adquisición de competencias. Para ello, se ha de tener en cuenta todo el tiempo que el alumno dedica a todas las actividades de aprendizaje propuestas y no sólo a las de asistencia a clase. Si bien, un aspecto a tener en cuenta con este tipo de evaluación es el incremento de la carga del profesor con la corrección de las actividades periódicas planteadas [9]. El incremento es mayor cuanto mayor es el número de actividades que se proponen para ser realizadas por los alumnos. Reflexionando sobre el incremento de trabajo que supone para el profesor la inclusión de las nuevas tareas que el modelo de Bolonia introduce para el desarrollo de la evaluación continua, es necesaria una búsqueda de métodos alternativos para la recogida de puntuaciones de los alumnos en el aula sin que supongan un coste excesivo para el docente [9].

Por otra parte, un punto débil en la enseñanza de asignaturas en titulaciones técnicas, como lo es en muchas otras titulaciones [1, 12], es la realimentación alumno-profesor, es decir, al profesor le resulta complicado conocer si el alumno ha asimilado los conceptos tratados en las clases de teoría, problemas o prácticas de la asignatura. Con frecuencia, sobre todo con un elevado número de alumnos, es el propio profesor el que desarrolla la explicación o el problema en la pizarra a partir de transparencias, limitándose los alumnos a copiar información, resultando difícil que el profesor determine en qué puntos es necesario realizar un mayor énfasis para mejorar el seguimiento de la materia o incluso, en ocasiones, el profesor puede repetir y resaltar conceptos que los alumnos han comprendido sin dificultad.

Para una mejora de los conocimientos, habilidades, competencias y resultados académicos de los alumnos en titulaciones técnicas, se han buscado alternativas a la metodología aplicada tradicionalmente, considerándose como posible punto de motivación incluir interactividad en las clases de teoría, problemas y prácticas [14, 22, 2, 4, 5, 6, 8].

Es en este sentido en el que se propone la utilización de sistemas electrónicos de recogida de respuesta en clase para la realización de una evaluación continua. La propuesta es que el alumno responda a preguntas planteadas por el profesor, a cuestiones sobre prácticas que se estén desarrollando o que se compruebe la solución de problemas. Así pues, cada alumno utilizará un mando electrónico de respuesta, lo que le permitirá interactuar con el profesor y proporcionará un mecanismo de realimentación positiva para la mejora del seguimiento de la materia.

Manuscrito recibido el 21 de febrero de 2017, revisado 19 de abril; aceptado 9 de octubre.

English version received May, 25th, 2017. Revised May, 29th; accepted July 24th.

Pedro García-Fernández, Depto. de Electrónica y Tecnología de Computadores, ETSIT - CITIC, Universidad de Granada (España). E-mail: [pedrogarcia@ugr.es](mailto:pedrogarcia@ugr.es) (<https://orcid.org/0000-0003-2184-2381>).

Antonio M. Mora, Depto. de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones, ETSIT - CITIC, Universidad de Granada, (España). E-mail: [amorag@ugr.es](mailto:amorag@ugr.es) (<https://orcid.org/0000-0003-1603-9105>).

Pablo García-Sánchez, Depto. de Ingeniería Informática, ESI, Universidad de Cádiz (España). E-mail: [pablo.garciasanchez@uca.es](mailto:pablo.garciasanchez@uca.es) (<https://orcid.org/0000-0003-4644-2894>).

La propuesta adoptaría un enfoque basado en el *Edutainment* (o entretenimiento educativo) [16], es decir, perseguimos mejorar aspectos de la educación por medio de un sistema que además entretiene. El entretenimiento educativo está siendo muy prolífico en los últimos años en muchos ámbitos educativos, incluyendo las titulaciones técnicas [15].

De modo que en este artículo se describe una experiencia real realizada en la Universidad de Granada (España), con los alumnos de 4 asignaturas pertenecientes a 4 grados diferentes de tipo técnico.

Se presenta, por tanto, el sistema de votación interactiva utilizado y se exponen los resultados obtenidos y conclusiones alcanzadas. El objetivo es dar a conocer los beneficios que se derivan de su utilización y las posibilidades del mismo cuando se emplea como un apoyo en la evaluación continua del alumnado.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera: Comenzamos presentando el sistema y el uso que se puede hacer del mismo en la docencia en la Sección II. A continuación se hace un repaso de artículos que justifican esta propuesta, así como de otros trabajos relacionados en los que se hayan empleado sistemas similares (o parecidos) con el objetivo de fomentar la participación de los alumnos en clase (Sección III). En las Secciones IV, V y VI se describe la experiencia que hemos desarrollado en los dos últimos cursos, exponiendo sus objetivos, desarrollo y resultados más representativos observados con la utilización de dicho sistema. Por último, en la Sección VII se incluyen las principales conclusiones alcanzadas.

## II. ESTADO DEL ARTE

El estado del arte en educación general, educación técnica y la psicología educativa está repleto de métodos que han demostrado que facilitan el aprendizaje más eficazmente que el enfoque tradicional. Desgraciadamente, estos estudios han tenido hasta ahora un impacto relativamente pequeño en las titulaciones técnicas, lo cual es algo desalentador porque los métodos de aprendizaje activo hacen que las clases sean mucho más agradables tanto para los estudiantes como para los profesores [7].

Los sistemas de votación interactiva tienen muchas aplicaciones tanto a nivel empresarial, mediante su uso en convenciones o cursos de formación, como en el ámbito educativo que nos ocupa, pudiéndose encontrar un gran número de trabajos relacionados con esta tecnología y su uso en el aula.

Son sistemas que han sido aplicados en docencia desde hace muchos años, como se puede ver en las publicaciones entre 2000 y 2007 que presenta el *survey* de Kay y LeSage [13]. En este artículo se analizaron 67 trabajos y se extrajeron una serie de conclusiones interesantes, como que el uso de estos sistemas mejora el ambiente del aula, aumenta la asistencia, los niveles de atención, participación y el compromiso. Además las mejoras en el aprendizaje incluyen un aumento en la interacción, discusión, calidad y desempeño. Si bien la inmensa mayoría de los estudios se centran en el análisis de la motivación del alumnado, más que en su mejora en el rendimiento académico o su uso con ese objetivo principalmente.

En nuestra propuesta, en cambio, el sistema se aplica con el objetivo de fomentar la participación, pero también se propone como mecanismo de evaluación continua y de

retroalimentación en tiempo real, lo que forma parte del rendimiento del estudiante.

De entre los trabajos analizados por el *survey*, sólo 4 se aplicaban en titulaciones de ingeniería y otros 4 en ciencias de la computación, el resto estaban centrados en titulaciones no técnicas.

Otro aspecto a señalar en favor de nuestro estudio es que la gran mayoría de los analizados se realizaron como experiencias puntuales e incluso anecdóticas, mientras que esta experiencia se desarrolló a lo largo de dos cursos académicos completos en cuatro asignaturas distintas del área de Electrónica, la cual tampoco se había analizado en estudios previos. Para finalizar, nuestro trabajo ofrece resultados en muchas dimensiones en las encuestas, cosa que tampoco es muy habitual entre otros estudios de esta línea.

Otros trabajos posteriores, como [21] mostraron su aplicación a diferentes entornos de aprendizaje, pero nuevamente el análisis se centró en aspectos de la motivación y no fue muy minucioso. Entre los pocos trabajos que sí evaluaron el rendimiento de los alumnos está el de Reaya et al. [20], pero data de 2009 y se centró en una asignatura de Física. Más relacionado con este trabajo, se encuentra el artículo de Prim et al. [19] que aplicaba un sistema similar en una asignatura de Sistemas Digitales en la Ingeniería Técnica Informática, en la que se utiliza, al igual que en este trabajo, tanto para fomentar la participación, como para obtener parte de la nota de evaluación continua.

Trabajos posteriores han intentado aplicar un sistema similar, basado en preguntas interactivas, pero haciendo uso de otras tecnologías, como por ejemplo [23], que creó una web simple en PHP y Javascript, en la que el profesor proponía preguntas y se respondían en tiempo real. O el caso opuesto [3], en el que los alumnos planteaban preguntas al profesor para su resolución durante la clase a través de una web.

Un sistema similar basado en web (más accesible) también se implantó en [10], que ofrecía mayor variedad de tipos de preguntas, si bien este tipo de sistema debería ser adaptado para controlar asistencia, como también se realizó en la propuesta actual.

Recientemente [11] se ha planteado el uso de una aplicación móvil *eduVote*, de pago, durante clases de Química Analítica, con buenos resultados en cuanto a la captación de la atención de los estudiantes. En la misma línea el trabajo [17] propone un sistema que permite preguntas abiertas, para discutir las en clase, usando el sistema *Kahoot* (en smartphones).

Si bien estos sistemas tienen algunas desventajas, además de la mencionada para el control de asistencia, como la necesidad de que los estudiantes traigan sus propios dispositivos (portátiles, no son de uso frecuente en carreras menos técnicas) y la configuración de los mismos (algunas páginas requieren configuraciones especiales) o aplicaciones específicas a descargar. Considerando incluso que el uso de dispositivos propios conlleva fuentes de distracción alternativas, como reflejaron los estudiantes encuestados en [3] tras el uso de un sistema basado en una web accesible mediante el navegador.

Consideramos por tanto que la propuesta en la que el profesor proporcionará el sistema, como es ésta, es más adecuada en muchos aspectos.

### III. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Los sistemas como el que se ha aplicado en esta experiencia reciben diferentes denominaciones, como mandos electrónicos de respuesta, mandos de votación, dispositivos de respuesta remota, votadores inalámbricos, sistemas de respuesta personal o sistemas de votación interactiva [4].

Dichos sistemas constan, fundamentalmente, de un dispositivo receptor y de varios dispositivos interactivos o mandos, con los que se puede emitir una respuesta (o controlar aspectos de las preguntas, en el caso del mando de control). Además, estos sistemas incluyen un software encargado de identificar las respuestas recibidas por cada dispositivo (sólo una vez por dispositivo habitualmente) y de procesarlas, almacenarlas y analizarlas, en la mayoría de los casos.

El uso habitual de estos sistemas es el de realizar preguntas colectivas, y facilitar la recogida de las respuestas individuales emitidas por cada usuario.

Para la experiencia desarrollada y descrita en este trabajo, se aplicó uno de estos sistemas a la realización de preguntas por parte del profesor y el control de respuestas de alumnos en clase. En concreto se utilizó el sistema QOMO QRF-300<sup>1</sup>, dado que era uno de los sistemas mejor considerados cuando se realizó dicha experiencia y cubría perfectamente los requisitos deseados: es compatible con PowerPoint, almacena y procesa las respuestas en tiempo real, ofreciendo resultados gráficos, tiene un mando de control para el profesor, permite la asignación individual a usuarios (mediante un ID), gestiona la exportación a ficheros Excel de resultados asociados a IDs.

Dicho sistema se compone de un software de control, un receptor de frecuencia, en este caso un dispositivo USB conectado al equipo y mandos electrónicos (ver Figura 1).

Entre los mandos, además de los proporcionados a los alumnos, hay uno para el gestor de las preguntas (el profesor), de forma que éste podrá interactuar con el sistema sin tener que estar delante del ordenador. El software asociado puede instalarse en un ordenador portátil, sus requisitos son bajos (Windows XP o superior, Office 2007 o superior, 256MB de RAM, 600MHz de procesador) y está disponible para Windows y MAC OS. Para utilizarlo en clase basta con seleccionar la presentación en PowerPoint correspondiente a ese día, mientras que para recoger la respuesta del alumno hay que insertar en dicha presentación una pregunta con varias opciones de respuesta. La pregunta se elaborará por medio del programa PowerPoint, pero haciendo uso del software QClick, que permitirá configurar las diapositivas de preguntas, y que añadirá una 'capa de control' sobre las transparencias correspondientes (ver Figura 2).

Este componente, que quedará funcionando en segundo plano mientras se visualiza la presentación, es el que proporciona la capacidad de diálogo interactivo, y, en su configuración, se incluirán para detección tantos mandos como se desee que se reconozcan (que estarán asociados a los alumnos). Además, permitirá definir varios aspectos, como un tiempo límite para respuestas (se podrá mostrar una cuenta atrás) o la respuesta correcta, por supuesto. También permitirá ver los identificadores de los mandos y señalará cuáles han respondido ya a la pregunta.



Fig. 1. Componentes del sistema de votación interactivo con los mandos del profesor (izquierda, abajo) y alumnos (izquierda, arriba).

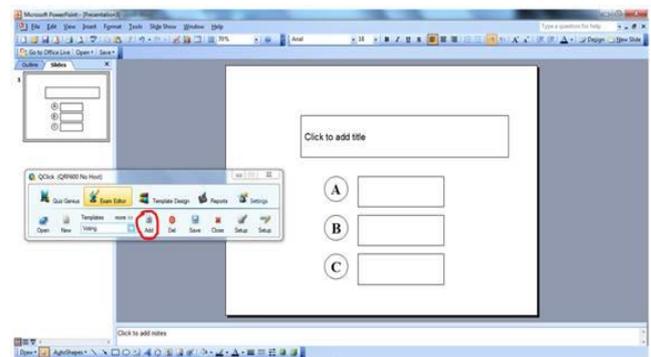


Fig. 2. Creación de diapositiva con preguntas en el software QClick (fuente web de QOMO)

Idealmente el número de mandos será igual al número de alumnos que estén dados de alta en ese grupo de clase (25 en el caso de la Figura 3).

Del mismo modo, en el caso ideal se podría asignar al inicio del curso un mando, identificado numéricamente, para cada alumno. Por lo que antes del comienzo de las clases, el profesor abriría el maletín que contiene los mandos para que cada alumno recogiese el suyo.

Una vez que se presenta en clase esta transparencia se inicia la votación, cuyo tiempo de respuesta, es predeterminado o controlado de forma manual. El número de mando correspondiente cambia de color cuando el alumno vota, mientras que la respuesta individual que cada uno de ellos emite permanece anónima para el resto de compañeros. Finalizado el tiempo, el profesor puede mostrar una gráfica que refleja la opción correcta y las estadísticas de las respuestas.

Toda la información emitida se transfiere a una base de datos, de la que el profesor, cuando finaliza la sesión y de forma inmediata puede obtener las respuestas y notas obtenidas por cada alumno durante esa clase (ver Figura 4).

En el informe se puede escoger entre resultados por

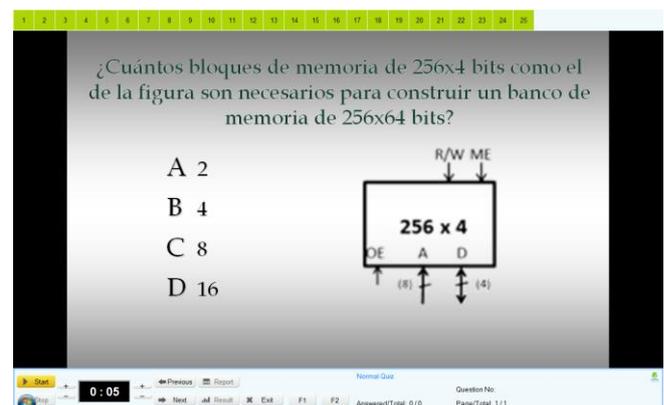


Fig. 3. Diapositiva interactiva (participación de 25 mandos/alumnos)

<sup>1</sup> <http://www.qomosolutions.com/products/audience-response/qrf300/>

Nombre de sesión: MEI 02-03-2016 (1) (1)

Fecha de creación: 02/03/2016 10:27:57

Participantes activos: 16 of 23

Puntuación promedio: 87,50%

Preguntas: 5

5. Una tarjeta gráfica (GPU), según la taxonomía Flynn ¿en qué categoría se definiría? (Opciones múltiples)



Fig. 4. Muestra de resultados obtenidos en una sesión (ejemplo de estadísticas para una de las preguntas)

pregunta, resultados por participante, detalle de resultados o resultados comparativos.

#### IV. OBJETIVOS DE LA EXPERIENCIA

Como se ha comentado en la sección anterior, la capacidad de los sistemas interactivos de mejorar la participación de los alumnos en clase ha sido su principal aplicación, ya que, efectivamente, constituye una excelente herramienta para dinamizar las clases, de forma que se fomenta la atención, la concentración, motivación, participación, debate, etc.

Pero nosotros pretendemos aprovechar a su vez su capacidad para proporcionar información inmediata tanto al profesor como al propio alumno. La retroalimentación inmediata que aportan estos sistemas, permite a los alumnos comprobar el grado en que están asimilando los contenidos. A los profesores, por su parte, les aporta información acerca de la efectividad de la docencia impartida.

Otra de las aplicaciones más importantes está en su utilización como herramienta de apoyo en la evaluación del alumnado, ya que permiten realizar, de forma rápida y sencilla, controles periódicos de forma que posibilitan la implantación de sistemas de evaluación continua en la docencia universitaria. Tiene una gran ventaja sobre la realización de pruebas de evaluación con plataformas como Moodle, que presenta el inconveniente de no saber si las respuestas se dan de forma individual o en grupo, o si se consultan materiales durante la realización de las actividades. De forma que con el sistema de voto se tiene una mayor certeza (un mayor control) de que el alumno es el autor de las respuestas.

Mientras el objetivo de un sistema de evaluación tradicional es evaluar al alumno, con un sistema de evaluación continua podemos valorar la forma en que se asimilan los conceptos y el desarrollo de las competencias específicas durante todo el proceso. Por lo general, los alumnos prefieren sistemas de evaluación continua, en los que la nota se recoge a lo largo de todo el curso y no únicamente en una evaluación final, habiendo apreciado este interés en experiencias previas llevadas a cabo [9].

Además de que los alumnos prefieren este tipo de sistema de evaluación, la adecuación de la Universidad a las

exigencias del EEES [18], nos lleva a concebir métodos educativos que fomenten la evaluación continua, su motivación, participación, etc. Si bien el objetivo primordial del EEES es pasar de una forma de evaluación sumativa a una formativa, consideramos que la mejora en las formas de evaluación continua contribuye en mayor medida al control de la formación del estudiante. De modo que, si bien el sistema planteado aquí es sumativo, facilitará un conjunto más amplio de calificaciones con las que valorar y hacer un seguimiento más exhaustivo a la formación de los alumnos, aparte de acrecentar el nivel de atención de los mismos en clase. Además, la formación está relacionada en cierta medida con la asistencia a clase, cuestión que se fomenta también mediante el uso de este sistema.

Tradicionalmente, los sistemas de evaluación continua se han asociado, por la facilidad de adopción, a grupos poco numerosos o más bien reducidos. Sin embargo, con la utilización de sistemas de votación interactivos se puede desarrollar la evaluación continua con grupos numerosos sin que ello suponga una carga excesiva de trabajo del profesor. El número de alumnos no supone ningún inconveniente, pues nos estamos apoyando en la herramienta interactiva utilizada que facilita la recogida de información que el alumno realiza dentro y fuera de clase que posteriormente nos permite su evaluación. Es decir, si hacemos preguntas relativas a actividades que los alumnos han tenido que trabajar por su cuenta y utilizamos los sistemas de respuesta interactiva podemos realizar la evaluación de las actividades realizadas en horas no presenciales de una forma sencilla y rápida.

La combinación de la utilización de mandos electrónicos para la realización de una evaluación continua tiene grandes ventajas ya que nos permite fomentar el trabajo del alumno durante el curso y realizar un seguimiento de la actividad que va realizando en el desarrollo de la asignatura. A partir de la información recogida, realizamos un control permanente del aprendizaje del estudiante, de forma que intervenimos, cuando es necesario, para mejorar y reorientar dicho proceso. El sistema utilizado nos permite recoger la información de manera rápida y sencilla, permitiéndonos tener una retroalimentación incluso, en la misma clase, de forma inmediata. Tanto el profesor como los alumnos (si la información es proporcionada por el profesor) pueden conocer al instante el resultado de la votación o respuestas a una determinada cuestión que se ha llevado a cabo. De esta forma, no cabe duda de que estamos incrementando aspectos como la participación, la motivación o la atención, mejorando la calidad de la enseñanza en la universidad.

Aun así, entendemos que la evaluación continua no debería estar basada en la corrección de las respuestas a título individual, si no se puede garantizar que los alumnos no se podrían pasar las respuestas (cosa bastante complicada en muchos casos, en los que el número de alumnos es elevado y el espacio reducido). Sin embargo, en la experiencia realizada, se intentaba fomentar la participación sin más, dado que es práctica común en muchas asignaturas el que los profesores asignen parte de la puntuación de evaluación continua a la participación en clase del alumno.

Igualmente, se podría plantear alguna alternativa que pudiese 'garantizar' de alguna forma que los alumnos no se intentaran copiar, como una propuesta de *gamificación*. Por ejemplo, hacer una competición de respuestas acertadas y el ganador (sólo uno) obtendría algún tipo de bonificación importante.

## V. ACTIVIDADES REALIZADAS

La experiencia se ha llevado a cabo a lo largo de dos cursos académicos en varias asignaturas del área de Electrónica: “Automatismos y Control”, dentro del Grado de Ingeniería Química, “Electrónica Digital”, del Grado de Ingeniería Electrónica Industrial, “Mantenimiento de Equipos Informáticos”, del Grado de Ingeniería Informática y “Electrónica Digital”, del Grado de Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación.

Durante la experiencia desarrollada, se ha utilizado el sistema como instrumento de apoyo a la docencia presencial y como mecanismo de evaluación continua. Se comienza la clase con una serie de preguntas de repaso de los contenidos impartidos en la clase anterior, pudiendo intercalar en la presentación PowerPoint una serie de diapositivas interactivas con preguntas sobre el tema, problema o práctica que se expone en ese momento. Las puntuaciones obtenidas en estas preguntas se tienen en cuenta para la evaluación final del alumno, lo que permite al profesor tener un registro diario de datos de cada alumno, con información relativa a aspectos tan importantes como asistencia a clase, participación, grado de comprensión, nivel de aciertos, etc. Además, se utiliza el sistema como método de evaluación después de cada tema, bloque, problema o práctica. Las preguntas que se presentan en el sistema corresponden al material impartido en clase o son relativas al trabajo autónomo que desarrolla el alumno fuera de la clase con los contenidos digitales interactivos que se le proporcionan al alumno previamente, material que incluyen elementos multimedia y vídeos [8, 19].

Tras esta experiencia, en lo relativo a los resultados obtenidos en evaluación continua, se obtuvo una mejora sustancial de la nota correspondiente a la asistencia, si bien los resultados relativos a calificaciones en el examen final, aunque mostraron mejoría, ésta fue menos sensible.

Por otra parte, al finalizar el periodo de utilización con cada grupo consideramos interesante pasar un cuestionario para conocer la opinión de los alumnos sobre el sistema de respuesta interactiva. El mismo consta de dos partes: una sobre el sistema de respuesta interactiva y otra sobre los contenidos facilitados al alumno para el trabajo autónomo. Las preguntas se han formulado a modo de sentencias, debiendo valorar el alumno su grado conformidad o disconformidad con las mismas, empleando una escala de cinco puntos donde 1 significa “Totalmente en desacuerdo”, 2 “En desacuerdo”, 3 “Neutral o indiferente”, 4 “De acuerdo” y 5 “Totalmente de acuerdo”. El cuestionario se pasó en las diferentes asignaturas el mismo día del examen final.

En el primer bloque, en el que se realizan preguntas sobre la utilización del sistema de respuesta interactiva, los alumnos valoran aspectos del sistema como el grado en que la utilización de mandos interactivos facilita la evaluación continua del alumno, grado en el que se potencia la motivación y atención, forma en la que se aumenta la participación en clase del alumno o la mayor concentración y atención en clase que proporciona el sistema. En definitiva, se trata de valorar cómo la utilización de los mandos aumenta la calidad de la enseñanza universitaria contribuyendo de forma positiva en la calificación del alumno.

En el segundo bloque los alumnos valoran aspectos relativos a si los contenidos digitales interactivos proporcionados, que incluyen material multimedia como

vídeos o enlaces a vídeos son un complemento válido a utilizar con el sistema constituyendo un buen método para preparar y comprender la asignatura, preguntando finalmente si creen que sería útil contar con más contenidos para trabajo autónomo.

En la siguiente sección se comentan algunos de los resultados obtenidos en estos aspectos.

## VI. RESULTADOS OBTENIDOS

Como veremos a continuación, los resultados obtenidos ponen de manifiesto la gran aceptación que tiene este nuevo método docente, el cual se apoya en los sistemas de respuesta interactiva en la enseñanza universitaria.

En concreto, se muestran resultados desde el punto de vista del alumno usuario del sistema, en cuestiones clave relacionadas con el uso de los sistemas de respuesta interactiva, como son si el sistema facilita la evaluación continua de los alumnos (Figura 5), si se potencia la motivación y atención del alumno (Figura 6), si se aumenta la participación en clase (Figura 7) o si se produce un incremento de la concentración y atención en la clase (Figura 8).

Por otra parte también se realizan preguntas sobre los contenidos digitales interactivos y los vídeos con ejercicios resueltos o enlaces facilitados para llevar a cabo el trabajo autónomo (Figuras 9 y 10). Basándose en este material se utiliza el sistema de votación interactivo para ver si los alumnos han asimilado los conceptos en el trabajo realizado fuera del aula.

El nuevo sistema de enseñanza derivado del EEES [18] introduce cambios conceptuales que suponen una carga de trabajo adicional para el alumno, derivado de las clases presenciales y de las tareas no presenciales. Del mismo modo, el aprendizaje del alumno debe ser debidamente evaluado, empleando para ello un sistema de evaluación continua que nos permita valorar la asimilación de conocimientos a lo largo de todo el proceso. Profesores y sobre todo alumnos apuestan por un sistema de este tipo en lugar de una prueba al final del curso [9], encontrando en el sistema de evaluación continua una forma más cómoda y segura de superar una materia con mayores expectativas en lo que se refiere a sus calificaciones.

Hemos planteado, por tanto, la cuestión sobre si el sistema de respuesta interactiva facilita la evaluación continua del estudiante, de forma que podamos conocer el punto de vista del alumno. Además, el sistema de evaluación continua implantado no requiere por parte del estudiante un esfuerzo mayor, en comparación con el sistema de evaluación continua anterior.

Tal y como se observa en la Figura 5, en torno al 69.9% (27.7% y 42.2%) de los alumnos, muestra una opinión muy positiva cuando hablamos de si la utilización de mandos interactivos puede contribuir a facilitar la evaluación continua del alumno. También hay un pequeño porcentaje de alumnos totalmente en desacuerdo (3.6%) o en desacuerdo (9.6%). Pensamos que este resultado no es debido a que los alumnos se muestren reticentes al uso de las nuevas tecnologías para realizar la evaluación continua, ya que nuestros estudiantes son jóvenes que prefieren sistemas interactivos frente a pasivos, pudiendo deberse a la desconfianza que le genera el uso del sistema de mandos interactivos al que no están acostumbrados, desconociendo las ventajas que ofrece tanto para alumnos como docentes o, simplemente, a que aún existe un porcentaje de alumnos que

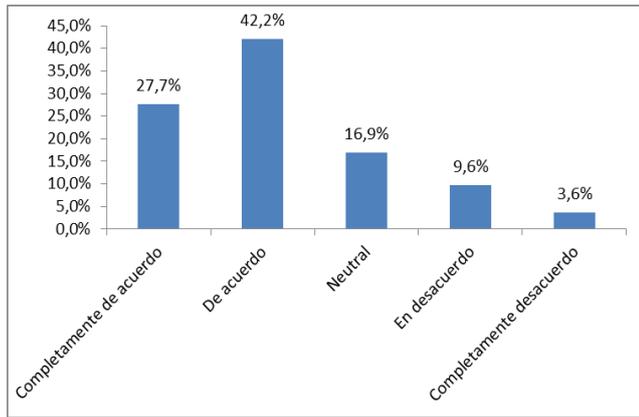


Fig. 5. Porcentaje de alumnos que considera que el sistema de respuesta interactiva facilita la evaluación continua de los alumnos.

prefieren sistemas más tradicionales de evaluación continua y creen que este tipo de sistemas no aportan ningún valor añadido.

Para alcanzar resultados satisfactorios en el proceso de aprendizaje en la Universidad, consideramos fundamental la motivación y atención del alumno, su participación activa en clase y mantener un alto grado de concentración y atención en el aula. Por ello, en nuestra encuesta se han incluido estas cuestiones así como otras relacionadas con los contenidos proporcionados a los alumnos y si creen necesario el que se le proporcione más material y el tipo de material que consideran más necesario.

Podemos observar en la Figura 6 como más del 68% de los alumnos encuestados considera que el sistema de votación interactivo potencia la motivación del alumno, estando un 42.2% de acuerdo y un 26.5% totalmente de acuerdo.

En la Figura 7 se puede observar que la mayoría de alumnos considera que la participación en clase aumenta con el uso del sistema de votación interactiva utilizado. En concreto el 39.8% está de acuerdo y el 21.7% está totalmente de acuerdo.

Por otra parte, para mantener la atención y concentración en clase se presentan preguntas de repaso de contenidos impartidos mediante el sistema de respuesta interactiva, pudiendo intercalar más preguntas durante la presentación y al final de la misma. Las puntuaciones obtenidas se van almacenando para tener un registro diario de datos de cada alumno que se tienen en cuenta para la evaluación final.

Planteando esta cuestión para conocer la opinión del alumnado se obtiene (ver Figura 8) que el 66,3% está de acuerdo (el 45,8% está de acuerdo y el 20,5% está

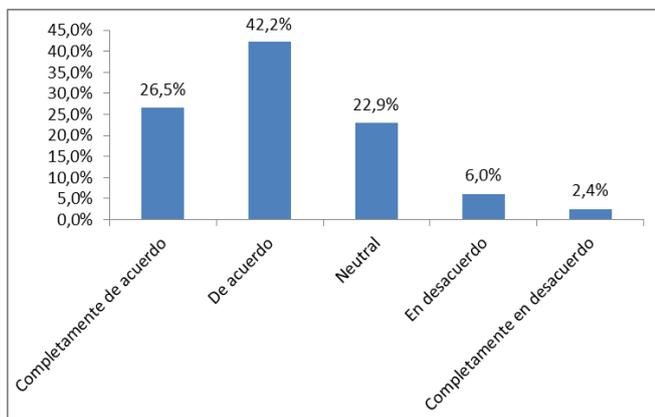


Fig. 6. Porcentaje de alumnos que considera que el sistema de votación interactivo potencia la motivación del alumno.

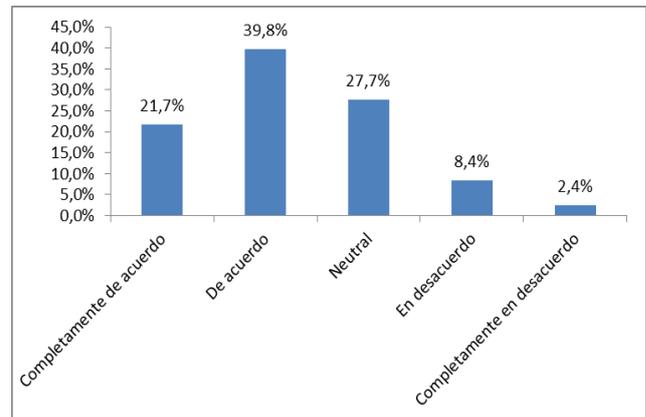


Fig. 7. Porcentaje de alumnos que considera que la participación en clase aumenta con el uso del sistema de votación interactivo.

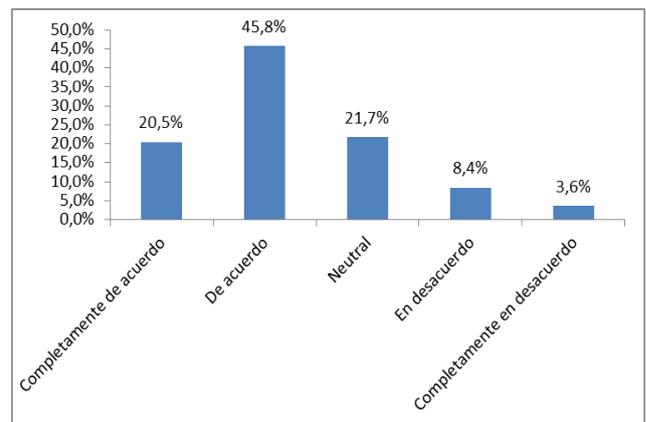


Fig. 8. Porcentaje de alumnos que considera que la concentración y atención en clase es mayor al utilizar el sistema de votación interactivo.

totalmente de acuerdo) con que el sistema potencia la concentración y atención en clase del estudiante.

Después del análisis descriptivo del bloque de las preguntas relativas a la utilización de sistema de votación interactivo para mejora en la docencia se aprecia una respuesta bastante favorable de los alumnos con respecto a la utilización del sistema.

El sistema diseñado fomenta el trabajo autónomo del alumno durante el curso realizando un seguimiento continuo. Para la recogida de respuestas utilizando el sistema de votación interactivo se utiliza, tanto el material impartido en clase, como contenidos digitales interactivos que han sido proporcionados al alumno para trabajar, previamente y de forma autónoma, en las clases no presenciales. Aunque hay una retroalimentación con las respuestas que se van recogiendo en clase a partir del trabajo autónomo desarrollado por el alumno se ha creído interesante conocer la opinión de los alumnos respecto a los contenidos proporcionados, incluyendo material multimedia (Figuras 9 y 10).

Un amplio número de alumnos se muestran de acuerdo con que los contenidos digitales interactivos proporcionados junto a los materiales interactivos y vídeos resueltos son buenos métodos para preparar y comprender la asignatura. En concreto, el 75,9% (Figura 9) y el 91,6% (Figura 10) se muestran de acuerdo con estas cuestiones.

Para finalizar con la opinión de los alumnos se le ha preguntado si creen que sería útil contar con más contenidos

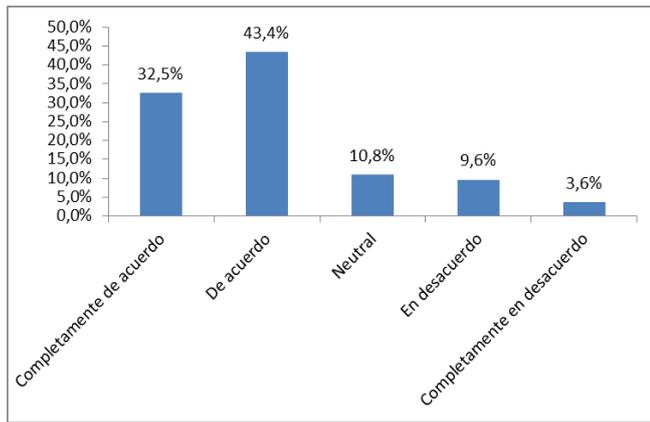


Fig. 9. Porcentaje de alumnos que considera que los contenidos digitales interactivos para trabajo autónomo facilitados es un buen método para preparar y comprender la asignatura.

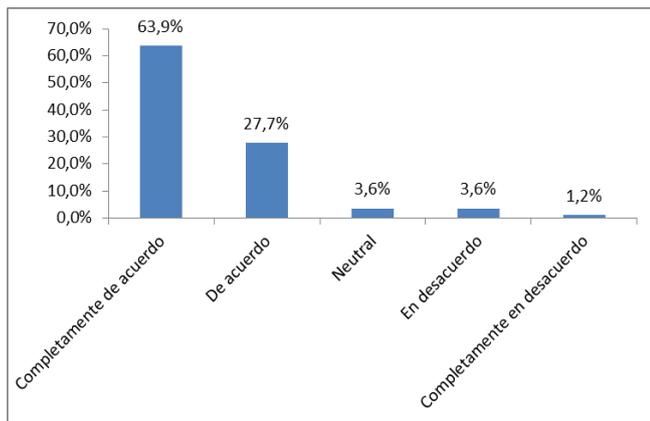


Fig. 10. Porcentaje de alumnos que considera que los vídeos con los ejercicios resueltos o enlaces a Youtube facilitados es un buen método para preparar y comprender la asignatura.

para trabajo autónomo, recogándose las respuestas en la Figura 11.

## VII. VALORACIÓN GLOBAL Y CONCLUSIONES

En este trabajo hemos descrito la utilización de un sistema de votación interactiva como apoyo para la realización de una evaluación continua, presentado la opinión de nuestros alumnos sobre algunos aspectos relativos a dicho sistema. Se trata de un instrumento que permite la recogida, procesamiento y almacenamiento de los datos que se recogen de las sesiones donde se utiliza el sistema una vez que se ha implantado. Aunque el sistema de evaluación continua supone un coste para el profesor, especialmente cuando el número de estudiantes es elevado, los efectos negativos se pueden compensar con la utilización del sistema de mandos interactivos. Además de suponer una ventaja para el docente al ayudarle a cumplir de una forma más sencilla con las exigencias derivadas del EEES, se ha comprobado que la opinión de los alumnos es bastante favorable a la utilización de dicho sistema.

Hemos identificado algunas ventajas importantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En opinión de los alumnos encuestados, se ha comprobado como la utilización del sistema de respuesta interactiva:

- Facilita la evaluación continua del estudiante.
- Potencia la motivación del alumno.
- Aumenta la participación en clase.
- Influye positivamente en la concentración y atención en clase.

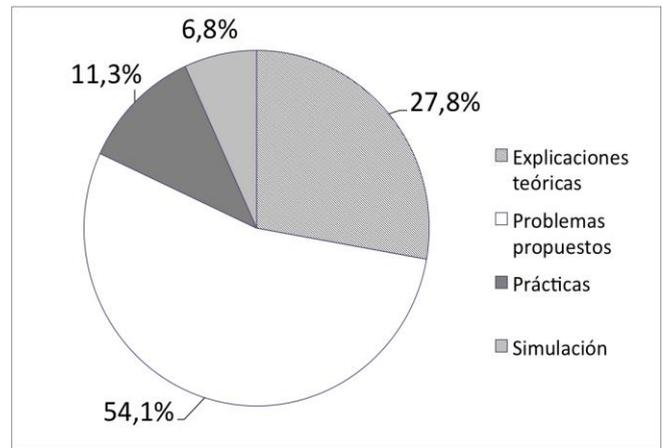


Fig. 11. Porcentaje de alumnos que considera que sería útil contar con más contenidos para trabajo autónomo.

Por otra parte hay que destacar que se valora de forma positiva por parte del alumno los contenidos digitales interactivos con material multimedia facilitados para el desarrollo de la evaluación continua utilizando el sistema de respuesta interactiva, por lo que es nuestro propósito continuar con la utilización del sistema en estas asignaturas e implantarlo en nuevas asignaturas de Grado a impartir por la valoración positiva que ha supuesto la experiencia.

Para terminar, los autores quisieran aclarar que, si bien el uso de estos dispositivos electrónicos es una propuesta relativamente cara (en torno a los 1000€ por 30 mandos y el receptor), el objetivo del artículo es demostrar la validez de la propuesta, que sería extrapolable a cualquier otro tipo de implementación de una experiencia similar, como una App para *Smartphone* o una aplicación online que sirvieran para plantear preguntas y recoger respuestas. Sin embargo, creemos que el trabajo de gestión asociado sería mayor, empezando por la necesidad de instalación de un software o del requisito de disponibilidad de conexión a internet para todos los alumnos, cosa que no se puede garantizar siempre. Además la distribución de las preguntas, su recogida asociada a cada alumno, su procesamiento y almacenamiento conllevaría un sobreesfuerzo mayor, que quizá no mereciera la pena o complicase la efectividad de la propuesta. Aun así, se planteará esta alternativa para su estudio en trabajo futuro.

Una posible solución intermedia sería la adquisición de menos mandos de respuesta y la agrupación de alumnos en parejas o tríos, que creemos firmemente que también sería efectiva ya que involucraría a todos los miembros del grupo en la clase.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado en parte por los proyectos con códigos TIN2014-56494-C4-3-P (UGR-EPHEMECH), TIN2017-85727-C4-2-P (UGR-DeepBio) y TEC2015-68752, todos financiados por el Ministerio Español de Economía y Competitividad y el último también por FEDER, así como el proyecto con código SPIP2017-02116, financiado por la Dirección General de Tráfico.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Astin, A.W., "What Matters in College: Four Critical Years Revisited". Jossey-Bass Publishers, San Francisco, 1993.
- [2] Bjorklund, S.A., Parente, J.M., Sathianathan, D., "Effects of Faculty Interaction and Feedback on Gains in Student Skills", *The Research Journal for Engineering Education*, pp. 153-160, 2004.
- [3] Cao, B., Esponda-Argüero, M., Rojas, R. "Development and Evaluation of a Classroom Interaction System", *International Association for Development of the Information Society*, 2016.
- [4] Chafer, E., "Una introducción a los sistemas de respuesta interactiva", *Electrónica y Comunicaciones. Monográfico TICs en las aulas. Elementos Didácticos para la enseñanza*, No. 242, 56-57, Editorial Cypsel, 2009.
- [5] Cubric, M., Jefferies, A., "The benefits and challenges of large-scale deployment of electronic voting systems: University student views from across different subject groups", *Computers & Education*, 87, pp. 98-111, 2015.
- [6] Duncan, D., "Clickers in the Classroom", ISBN: 0-8053-8729-5. Addison Wesley, 2005.
- [7] Felder, R.M., Woods, D.R., Stice, J.E., Rugarcia, A., "The future of Engineering Education II. Teaching methods that work", *Chem. Engr. Education*, 34(1), pp. 26-39 2000.
- [8] García-Fernández, P., "Aprendizaje autónomo utilizando vídeos docentes". *IEEE-RITA*, Vol. 4, Núm. 2, pp. 65-69, 2011.
- [9] García Fernández, P., "Experiencia de evaluación continua en los nuevos grados de titulaciones técnicas". *Actas de las IV Jornadas sobre Innovación docente y adaptación al EEES en las titulaciones técnicas*. ISBN 978-84-15873-13-6. Godel Ediciones, 2013.
- [10] González-Tato, J., Llamas-Nistal, M., Caeiro-Rodríguez, M., Mikic-Fonte, F.A. "Web-based Audience Response System Using the Educational Platform Called BeA", *Journal of Research and Practice in Information Technology*, 45(3/4), 2013.
- [11] Hatun Ataş, A., Delialioğlu, Ö., "A question-answer system for mobile devices in lecture-based instruction: a qualitative analysis of student engagement and learning". *Interactive Learning Environments*, 26(1), pp. 75-90, 2018.
- [12] Jony, S., "Student Centered Instruction for Interactive and Effective Teaching Learning: Perceptions of Teachers in Bangladesh", *International Journal of Advanced Research in Education & Technology*, 3(3), pp. 172-178, 2016.
- [13] Kay, R.H., LeSage, A., "Examining the benefits and challenges of using audience response systems: A review of the literature", *Computers & Education*, 53(3), pp. 819-827, 2009.
- [14] Kroumov, V., Shibayama, K., Inoue, A., "Interactive learning tools for enhancing the education in control systems", *Proceedings of Frontiers in Education*, 2003, pp. 23-28, 2003.
- [15] Ma, M., Oikonomou, A., Jain, L.C., "Serious games and edutainment applications". London: Springer, 2011.
- [16] Okan, Z., "Edutainment: is learning at risk?." *British Journal of Educational Technology* 34.3, pp. 255-264, 2003.
- [17] Pinto, R. E. V., Ochoa, P. V. C. "Un recurso didáctico basado en el uso de un sistema de preguntas abiertas soportado por tecnología". *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (62), pp. 83-93, 2018.
- [18] Porto, M., García-Hernández, M.L., "Nuevas exigencias, retos, tendencias... ¿cambios en la evaluación de aprendizajes universitarios?", XXXII ASAMBLEA Y CONGRESO INTERNACIONAL SPANISH PROFESSIONAL IN AMERICA, INC, Cádiz, 2012.
- [19] Prim, M.; Oliver, J y Soler, V. "Aprendizaje de Sistemas Digitales utilizando tecnologías interactivas". *IEEE-RITA*, Vol. 4, núm. 1, pp. 63-68, 2009.
- [20] Reaya, N.W., Li, P., Bao, L., "Testing a new voting machine question methodology", *American Journal of Physics* 76, 171, 2008.
- [21] Schmid-Cutrim, E., "Using a voting system in conjunction with interactive whiteboard technology to enhance learning in the English language classroom", *Computers & Education*, 50(1), pp. 338-356, 2008.
- [22] Siau, K., Sheng, H., Nah, F., "Use of classroom response system to enhance classroom interactivity". *IEEE Transactions on Education*, 49(3), pp. 398-403, 2006.
- [23] Wong, A. K. Y., Cheok, S. M., Tang, S. K., "A user-friendly voting and quiz system for classroom use with connected devices," 2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics-China (ICCE-China), Guangzhou, pp. 1-6, 2016.

**Pedro García Fernández** es Doctor Ingeniero en Electrónica (2000) por la Universidad de Granada. Actualmente es Profesor en el Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores de la Universidad de Granada, realizando tareas docentes relacionadas con el diseño de circuitos impresos y electrónica analógica y digital. Sus intereses incluyen la simulación y el modelado de memorias resistivas (RRAMs) y el diseño de circuitos electrónicos. (e-mail: pedrogarcia@ugr.es)

**Antonio M. Mora García** es Doctor en Informática por la Universidad de Granada desde mayo de 2009, donde también obtuvo su Ingeniería Informática en 2001. Trabaja como Profesor Contratado Doctor dentro del Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones en la misma universidad. Tiene más de 20 publicaciones en revistas internacionales indexadas en JCR, y más de 80 trabajos en congresos internacionales de prestigio. Entre los métodos que investiga se encuentran los Algoritmos Evolutivos, los Algoritmos basados en Colonias de Hormigas y los Mapas Autoorganizativos aplicados a la resolución de problemas reales. (e-mail: amorag@ugr.es)

**Pablo García Sánchez** se licenció (2007) y doctoró (2014) en Ingeniería en Informática en la Universidad de Granada (España). Es profesor sustituto del Departamento de Ingeniería Informática de la Universidad de Cádiz (España). Ha participado en varios proyectos de investigación nacionales relacionados con la e-Salud, los servicios web y la optimización, cuyos resultados han sido publicados en conferencias (como PPSN o GECCO) y revistas internacionales (como *Soft Computing* y *Knowledge-Based Systems*). Sus intereses incluyen la computación orientada a servicios, computación evolutiva, inteligencia computacional en videojuegos y los algoritmos distribuidos. (e-mail: pablo.garciasanchez@uca.es)

# Editorial Especial

Paloma Díaz Pérez, Telmo Zarraonandia Ayo

EN este número especial de IEEE-RITA “TICs aplicadas a la Educación no TIC” nos hemos querido centrar en las oportunidades, retos y usos que las nuevas tecnologías de la información pueden ofrecer en contextos educativos distintos a los propios de las habitualmente denominadas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) donde se han llevado a cabo la mayor parte de las investigaciones en innovación educativa a través de las TICs. Esto puede ser debido al hecho de que gran parte de estos proyectos son liderados por tecnólogos que suelen recurrir a sus ámbitos más conocidos como caso de estudio. De hecho, tal y como reflejaba el último informe de la *American Academy of Arts & Science*, el uso e integración de los recursos tecnológicos suele resultar más limitada en los departamentos de humanidades frente a los tecnológicos. Como consecuencia, el aprovechamiento de las posibilidades de la tecnología con fines educativos y divulgativos resulta menor, como evidencia la abrumadora diferencia de oferta de cursos online relacionados con ciencias en comparación con arte y cultura en plataformas como EdX. Sin embargo, tanto por la naturaleza y variedad de los temas tratados como por las características de los propios aprendices, no existe ninguna razón para que las áreas no TIC no se beneficien totalmente de las TICs.

Los investigadores que traten la aplicación de las nuevas TIC en la educación no TIC se enfrentarán a problemas específicos distintos que es preciso tener en cuenta. Así, por ejemplo, educadores y estudiantes de estas disciplinas suelen a menudo tener un menor grado de formación tecnológica, lo que podría dificultar el uso o la aceptación de los instrumentos tecnológicos desarrollados. Por otro lado, el punto de vista del estudio de estas disciplinas suele estar enfocado a menudo desde la perspectiva de los métodos analíticos, críticos o especulativos. Las oportunidades de uso de la tecnología deberán por tanto analizarse desde este nuevo prisma, en oposición a la aproximación mayormente empírica y experimental propia de las ciencias y la ingeniería, en las que tecnologías como la realidad virtual, los laboratorios virtuales, la realidad aumentada o las plataformas de soporte al trabajo colaborativo se han mostrado muy efectivas. Esta diferencia probablemente conlleve explorar nuevos enfoques que

permitan desarrollar otro tipo de conocimientos y habilidades.

En este número especial presentamos dos artículos que tratan la aplicación de las TIC a la educación no TIC desde dos perspectivas distintas. El primero de ellos describe la creación de un videojuego que tiene como objetivo fomentar el interés de los más jóvenes por el teatro clásico. Aunque en la última década la utilidad de los llamados *serious games*, o videojuegos empleados con fines distintos al puramente lúdico ha sido explorada en áreas tan distintas como la salud, la rehabilitación o la publicidad, su uso como medio para despertar y promover el interés por el teatro resulta muy novedoso. El videojuego en concreto se centra en la obra de Lope de Vega “La Cortesía de España”, y sus diseñadores se han enfrentado al reto de combinar la narrativa propia del teatro, preconfigurada y lineal, con la de los videojuegos, abierta y alterable por la propia acción del jugador. La forma de integrar elementos de ambos tipos de experiencias, y los resultados de la evaluación realizada en colaboración con un colegio de Madrid podrá ser de ayuda a otros investigadores del área de los *serious games* a continuar con esta línea de investigación tan novedosa.

Por su parte el segundo de los artículos de este número especial trata de avanzar en el conocimiento de los aspectos clave que se requieren para poder llevar a cabo innovaciones metodológicas basadas en las TIC en procesos de aprendizaje combinados o mixtos (*blended learning*), que de por sí conjuntan un uso intensivo de la tecnología. Los resultados de una experiencia de enseñanza de este tipo en asignaturas del área de la economía en la que participaron más de 1.700 alumnos, junto con la experiencia acumulada por los autores a través de 9 proyectos de investigación realizados a lo largo de 10 años les ha permitido identificar un conjunto de aspectos clave sobre los que actuar a la hora de estudiar la percepción que los estudiantes tienen los nuevos procesos de aprendizaje, realizar su seguimiento y cuantificar su satisfacción.

Manuscrito recibido el 9 de julio de 2018; revisado 9 de julio; aceptado 9 de julio.

English version received July, 9th, 2018. Revised July, 9th. Accepted July, 9th.

Paloma Díaz, Departamento de Informática de la Universidad Carlos III de Madrid. España (pdp@inf.uc3m.es)

(<https://orcid.org/0000-0002-9493-7739>)

Telmo Zarraonandia, Departamento de Informática de la Universidad Carlos III de Madrid. España (tzarraon@inf.uc3m.es).

(<https://orcid.org/0000-0003-3574-0984>)

**Paloma Díaz** es catedrática del Departamento de Informática de la Universidad Carlos III de Madrid y responsable del grupo de investigación del Grupo de Sistemas Interactivos (DEI), dedicado a la investigación de sistemas interactivos aplicados a dominios como la gestión de emergencias, la educación o el patrimonio cultural. Sus principales intereses de investigación incluyen la ingeniería de sistemas interactivos, sistemas colaborativos, visualización y la computación ubicua. En lo relacionado a la temática de este número especial, ha dirigido proyectos de modelado de sistemas educativos interactivos y de definición de marcos conceptuales para el co-diseño y producción de *serious games* para el aprendizaje informal para niños. Ha sido investigadora visitante en *Information Science and Technology College of PSU*, el *MAGIC LAB* de la University of British Columbia y el *ViSUS Institute of Stuttgart University*.

**Telmo Zarraonandia** es licenciado y doctorado en Informática por la Universidad de Deusto y la Universidad Carlos III de Madrid respectivamente, y miembro del grupo de investigación del Grupo de Sistemas Interactivos (DEI). Su actividad investigadora se ha centrado principalmente en el estudio de las posibilidades que la tecnología ofrece para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, tanto desde la perspectiva del alumno como desde la del profesor. Más específicamente su investigación ha abarcado desde trabajo relacionado con distintos estándares de objetos de aprendizaje, como el estudio y diseño de mundos virtuales, videojuegos, y entornos de realidad, aumentada y mixta, entre otros aspectos. Como resultado de su actividad investigadora ha publicado numerosos artículos en revistas y conferencias internacionales. Ha participado además en diversos proyectos nacionales en el área de la gestión de emergencias y la tecnología para el aprendizaje, financiados por distintas convocatorias públicas, y en numerosos contratos con empresas y administraciones públicas. Ha sido investigador visitante en la *Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRL)* y en la *Università degli Studi di Salerno (Italia)*.

# La Cortesía de España: Teatro para las Nuevas Generaciones

Alejandro Romero-Hernández, Manuel González-Riojo, César Díaz-Faes-Pérez, Borja Manero-Iglesias

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

Alejandro Romero-Hernández, Manuel González-Riojo, César Díaz-Faes-Pérez, Borja Manero-Iglesias. "The Courtesy of Spain: Theater for the New Generations", IEEE-RITA, August 2018, Volume 13, Issue 3, Pages 102 - 110

DOI: <https://doi.org/10.1109/RITA.2018.2862738>

**Title — The Courtesy of Spain: Theater for the New Generations**

**Abstract—** Educational video games are increasingly present in the classroom. While their success as a learning tool has been demonstrated in technical fields, they have been little used in the arts. Plays, for example, would be excellent subjects for video games, as they are similar in terms of design and narrative. However, few video games are based on plays, and, of those that have been created, their effectiveness has yet to proven. This material is limited due to the difficulty of the narrative change, distancing a play, which is linear -without interactivity-, of a video game, in which the plot varies to allow interaction. This article details the creation of a video game as an interest-raising tool, based on the work of Lope de Vega's The Courtesy of Spain, in collaboration with the National Company of Classical Theater (CNTC). CNTC's main objective is to engage Spain's youth in classical theater, increasing their motivation and desire to learn more. This project includes an experiment in a school in Madrid with 154 students, between 9 and 11 years. The experiment indicates that a video game based on a play not only stimulates interest in young people, but also helps broader learning processes.

**Index Terms—** educative videogames, theatre, e-Learning, serious games, technology.

## I. INTRODUCCIÓN

LAS nuevas tecnologías están presentes en el día a día de la sociedad actual, no en vano las nuevas generaciones son conocidas como nativos digitales [1]. Sin embargo, no se puede decir lo mismo del ambiente educativo. El sistema educativo actual se ha mantenido

invariante desde hace generaciones, una educación basada en el uso del papel y el bolígrafo, con un método de enseñanza tan antiguo como el de memorizar datos para ser escritos en un examen sin necesidad de ser comprendidos por parte del estudiante.

Según pasan los años y se realizan estudios de rendimiento académico los resultados son cada vez peores, aumentando el fracaso escolar [2]. El sistema educativo carece totalmente de atractivo para los estudiantes, que prefieren pasar su tiempo libre haciendo uso de las diversas tecnologías que tienen a su disposición cada día [3]. El sistema educativo necesita actualizarse y hacer de las nuevas tecnologías una herramienta más de uso diario en las aulas.

Dentro de esas tecnologías, existe una que avanza imparable en nuestras aulas: los videojuegos. Son numerosos los estudios que demuestran científicamente que los videojuegos son beneficiosos en distintos aspectos [4]. Pueden ayudar a mejorar diversas habilidades de sus usuarios [5] como sus habilidades multitarea [6], ayudar a personas con trastorno del desarrollo [7] o a personas de avanzada edad [8] entre otros.

Cuando un videojuego está bien desarrollado y orientado a la enseñanza es una herramienta de aprendizaje muy efectiva [9], [10]. Se ha demostrado que funcionan en multitud de campos de la enseñanza, tales como en las matemáticas [11], [12], en la informática [13], en las ciencias sociales [14] o incluso en la geografía [15].

Sin embargo, la mayoría de las aplicaciones de los videojuegos educativos están enfocadas en las áreas conocidas como STEM [16] (por sus siglas en inglés de ciencias, matemáticas, tecnología e ingeniería). El objetivo de este proyecto es añadir a esta ecuación las artes y las humanidades, lo que daría como resultado el término STEAM, donde se añade la A, que significa Arts en inglés. El proyecto que se describe en este artículo se encuadra en esa "A", ya que intenta acercar a los estudiantes el teatro a través de un videojuego.

La diferencia fundamental de un videojuego que se puede considerar STEAM es la capacidad de este para enseñar arte. En el caso de este videojuego, representar una obra de teatro. Para llevar esto a cabo, hay que tener en cuenta todos los aspectos que rodean a una obra de teatro: escenarios, atrezzo, vestuario y, sobre todo narrativa. Para desarrollar esta última de una forma correcta se deben aplicar técnicas de narrativa que adapten el formato original de una obra de teatro clásico a un videojuego. Los elementos visuales, así como sonoros son claves. Juntando todos los elementos

Manuscrito recibido el 21 de febrero de 2017; revisado 19 de abril; aceptado 9 de octubre.

English versión received May, 25th, 2018. Revised May, 29th. Accepted, July 24th.

B. Manero Iglesias es profesor del Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial de la Universidad Complutense de Madrid. (Email: [bmanero@ucm.es](mailto:bmanero@ucm.es) telf.: +34 913947638).

(<https://orcid.org/0000-0003-2965-844X>)

A. Romero Hernández es doctorando en el programa de Doctorado de la Facultad de informática de la Universidad Complutense de Madrid (Email: [alerom02@ucm.es](mailto:alerom02@ucm.es) telf.: +34 676729026).

(<https://orcid.org/0000-0002-4996-4789>)

M. Gonzalez Riojo es Visiting Scholar en el departamento de Lenguas Romances y Literatura de Harvard University. (Email: [manuel\\_gonzalez@fas.harvard.edu](mailto:manuel_gonzalez@fas.harvard.edu) telf.: +34 686 50 19 07)

(<https://orcid.org/0000-0002-9333-7248>)

C. Díaz-Faes Pérez es egresado del máster de videojuegos de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid (Email: [cesardiazfaes@ucm.es](mailto:cesardiazfaes@ucm.es) telf.: +34 662 06 70 99)

(<https://orcid.org/0000-0002-7873-5344>)

mencionados, podremos llegar a representar de la forma más fehaciente posible esta obra.

Se puede observar como a los teatros sólo acude gente joven a través de campañas escolares, en las que luego les exigen un trabajo, una redacción o un examen de lo que han visto. De este modo se consigue que los estudiantes perciban el teatro como una actividad escolar en lugar de una actividad cultural y de ocio. Esto está provocando que cada vez menos jóvenes acudan al teatro, convirtiendo a éste en un espectáculo reservado para una minoría [17]. Por lo tanto, la pregunta que esta situación genera es: ¿se está acabando con el teatro desde el sistema educativo actual?

Aplicando las técnicas STEAM se puede solucionar este problema, ya que los videojuegos no son sólo herramientas que sirven para enseñar. Diferentes estudios indican que pueden ser una herramienta muy efectiva para aumentar el interés de los alumnos por aprender [13], [18] y su motivación [9], [19]–[22]. Vamos a nombrar este tipo de juegos como *videojuegos de sensibilización*.

Se debe tener en cuenta a la hora de desarrollar un videojuego de sensibilización la dualidad entre motivación y diversión. Un videojuego de sensibilización debe buscar el interés de los alumnos, pero si su desarrollo sólo se centra en eso, se corre el riesgo de que no resulte divertido. Mientras que, si se desarrolla como un videojuego divertido, puede resultar inútil como herramienta de ese estilo. El artículo de Manero et al. [23] nos ofrece una serie de técnicas para transformar el guion de una obra de teatro en un videojuego de sensibilización, así como para dotar de personalidad a los diferentes personajes a través del método de actuación de Stanislavsky [24]. Usando dichas técnicas, se ha desarrollado un videojuego de sensibilización basado en la obra de teatro “La Cortesía de España” del dramaturgo Lope de Vega, buscando mostrar el lado más divertido del teatro clásico a los más jóvenes y conseguir así que interesen por él y aprendan.

La principal fuente de conocimiento por parte de los niños surge de su motivación por un tema en concreto. Cuando algo les interesa especialmente es cuando menos les cuesta aprender [25], [26]. Por ello, el objetivo principal de este videojuego es despertar el interés y la motivación por el teatro clásico. El segundo objetivo del videojuego es el de enseñar a los alumnos el hilo argumental de la obra.

Para comprobar la eficacia del juego, se realizó un experimento en un colegio de la Comunidad de Madrid durante el mes de diciembre de 2015, en el cual los alumnos jugaron al videojuego. En este artículo se detallan los resultados obtenidos en dicho experimento.

Este artículo se ha estructurado de la siguiente manera: en la sección II se habla del videojuego que se ha desarrollado como herramienta de investigación. En la sección III se explica el experimento realizado para obtener los datos necesarios para su posterior análisis y resultados. En la sección IV se muestran los resultados del experimento tras ser analizados, y en la sección V se discuten los resultados y desarrollan las conclusiones obtenidas en el experimento.

## II. VIDEOJUEGO Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Convertir una obra de teatro en un videojuego motivacional no es algo trivial, si el principal objetivo es conseguir un videojuego que entretenga y que, a la vez,

produzca interés. El primer inconveniente llega de la mano de la historia que se quiere narrar, una historia creada para ser representada o leída, debe traspasarse a un videojuego para ser jugada.

Actualmente existen multitud de obras de teatro. En muchos casos el público puede intervenir en el devenir de la obra. Sin embargo, este videojuego se basa en una obra de teatro del siglo de oro español (siglo XVII), donde todas las obras mantienen una linealidad, es decir, los actores representan la obra en un escenario mientras que el público lo observa sin poder interactuar directamente con lo que se representa en escena. A diferencia de esto, los videojuegos, para lograr ser entretenidos, deben alejarse de la linealidad y ofrecer a los jugadores una amplia interacción, permitiéndoles ser partícipes de lo que se narra.

El segundo inconveniente es la complejidad que supone diseñar un videojuego de sensibilización que además sea divertido. Si sólo nos centramos en diseñar un juego que enseñe, olvidando la parte fundamental de todo videojuego, que es divertir, podemos crear una herramienta que, a pesar de ser muy motivacional, no tenga éxito por resultar aburrida. Por otro lado, si nos centramos sólo en la diversión sin prestar atención a la parte motivacional, es posible que el producto final no sirva como herramienta de sensibilización y no cumpla su objetivo. Es importante diseñar un videojuego de sensibilización teniendo en cuenta que, como videojuego, debe ser lo más divertido posible, y como herramienta motivacional, enseñar el tema que trata, logrando una herramienta de sensibilización que enseñe sin que el jugador tenga la sensación de estar estudiando.

Finalmente, es importante para un videojuego conceder a los personajes de la historia una chispa de humanidad, dando la sensación a los usuarios de que los personajes del videojuego son actores de verdad que están representando una obra de teatro en directo. Y es este punto, el teatro, definitivamente, puede tener algo que enseñar.

Teniendo en cuenta estos inconvenientes, los investigadores han desarrollado como herramienta de su experimento un videojuego motivacional a través del motor Unity, basándose en la obra de teatro “La Cortesía de España”, escrita por el dramaturgo español Lope de Vega. El desarrollo del videojuego se llevó en colaboración con la Compañía Nacional de Teatro Clásico (CNTC), y se realizó en paralelo con el montaje de la misma obra que la compañía llevó a cabo en el El Matadero, en Madrid, durante el año 2015.

Esta obra se podría describir como un “road movie” del siglo XVII, en la cual se narra la vida de un caballero español conocido como Don Juan, que regresa a España tras ser derrotado en la batalla de Flandes y habiendo perdido todo su dinero. Durante su camino de regreso a casa conocerá a nuevos personajes y tendrá que superar numerosos retos, siempre ejerciendo el valor más importante para un caballero de su época, que es la cortesía. Es decir, que podríamos estar ante una obra de teatro propagandística similar a las películas americanas que publicitan las maravillas del ejército de su país.

Lo primero que se debe tener claro antes de comenzar a desarrollar un videojuego o herramienta motivacional, es el objetivo del mismo. En este caso, el videojuego tiene dos objetivos claros: 1) motivar a los más jóvenes por el teatro

clásico, pues es necesario que lo conozcan y quieran asistir a sus funciones, ya que se está convirtiendo poco a poco en un espectáculo de minorías, y 2) enseñar una obra de teatro, "La Cortesía de España" de Lope de Vega. Con los objetivos especificados, es momento de comenzar el diseño del videojuego.

Una de las primeras cosas a tener en cuenta en las fases previas de diseño es el público objetivo. Delimitar un rango de edad objetivo es clave para que el diseño, y posteriormente el desarrollo, consiga alcanzar, de la mejor manera posible, los objetivos planteados. Al principio del proyecto, se decidió que el público objetivo para el que se desarrollaría el juego, serían estudiantes entre 8 y 12 años. Sin embargo, durante la implementación del juego, los pedagogos implicados en el proyecto decidieron reducir este rango a 9-11. Esto se debió a que consideraron que la aventura conversacional que se estaba desarrollando encajaba mejor en esa franja de edad más reducida.

Se ha optado por desarrollar el videojuego como una aventura gráfica, ya que este género es idóneo para narrar historias y convertir al jugador en el protagonista de la obra, consiguiendo propiciar su inmersión en la misma. El sistema de interacción utilizado por este tipo de videojuegos es el Point & Click, un sistema sencillo de utilizar y con una eficacia ya demostrada en otras investigaciones [27].

Para poder narrar la historia de "La Cortesía de España" de la mejor forma posible, los investigadores estudiaron el marco histórico en el que fue escrita, a fin de poder entender cómo debía ser en aquella época el estilo de vida de las personas. Como apoyo a este estudio, se contó con la colaboración del CNTC, que permitió la asistencia a los ensayos, a la representación de la obra, facilitó material audiovisual y nos dio acceso a todos los miembros del equipo artístico. Como se puede ver en la figura que sigue, toda la estética se basó en la obra original.

Una vez clara la idea principal de la historia que se quería contar a través del videojuego, hubo que elegir qué personaje o personajes iban a encargarse de transmitirla. Concretamente, "La Cortesía de España" (como la mayoría de las obras de su tiempo) es una obra que contiene una gran cantidad de personajes diferentes, con estilos de vida, personalidades y preocupaciones muy distintas, lo que añade riqueza a la historia y a las posibilidades de narrar el videojuego.



Fig. 1 - Estética del juego.

Para facilitar la narración de la historia, se ha otorgado a cada personaje una voz diferente, realizando las locuciones en un estudio de grabación. Con esto se pretende facilitar la comprensión del juego, especialmente para aquellos jugadores con una capacidad de lectura pobre.

Tal y como se ha apuntado, los videojuegos deben huir de una linealidad que pueda llevar a convertirlos en películas disfrazadas de videojuegos, lo que significa que deben ofrecer la posibilidad de decidir, y que esas decisiones tengan trascendencia en la historia del videojuego, creando interés al jugador por explorar otras alternativas. Por ello, "La Cortesía de España" ofrece al jugador en todo momento la opción de elegir cómo debe avanzar la historia, teniendo que tomar decisiones y evaluando la situación en la que el jugador se encuentra. Gracias a esta toma de decisiones, el jugador podrá alcanzar hasta cuatro finales alternativos diferentes, aportando así al videojuego un aspecto muy importante: la posibilidad de ser jugado en repetidas ocasiones sin que resulte aburrido y monótono.

Para dar información al jugador de que las acciones tienen consecuencias y hacerlo más entretenido, se ha decidido añadir dos elementos fundamentales en la historia original de la obra: el dinero y el honor. El primero es necesario para avanzar en la historia y debe gestionarse bien. El segundo es el valor más importante para los caballeros españoles del siglo XVII y por tanto afectará al desenlace de la historia. Con estos elementos, conseguimos que el jugador deba aprender a equilibrarlos y utilizarlos según sus propios criterios, haciéndole dueño de la propia historia que se narra.

Otro elemento de entretenimiento añadido al videojuego son los minijuegos. En este caso se han añadido hasta tres minijuegos diferentes que podrán ser jugados o no dependiendo nuevamente de las decisiones que el jugador tome. Esto produce aún más rejugabilidad ya que, aunque dos jugadores alcancen el mismo final, pueden haberlo logrado sin pasar por los mismos minijuegos.

Para la inclusión de estos minijuegos, se tuvo en cuenta la experiencia relatada en el artículo de Manero et al [22] donde advierte que hay que tener cuidado en el diseño de los videojuegos para no dar al usuario la sensación de que se le está evaluando. En este caso, se pudieron observar como ciertos minijuegos desarrollados en ese experimento eran contraproducentes, disminuyendo el interés de los alumnos. Finalmente, para conseguir que ningún jugador pueda descuidarse de cómo continuar en el juego, se ha creado una



Fig. 2 -Esquema de la historia



Fig. 3 - Dinero y Cortesía

lista de tareas que el jugador puede consultar en todo momento en el menú de pausa del juego.

Con una versión terminada, se realizó una evaluación formativa del mismo. Para ello, se reunió a un total de 18 usuarios entre los que se encontraban dos expertos pedagogos y dos expertos en videojuegos. La prueba consistió en que los usuarios jugaran varias partidas al videojuego y después rellenaran un formulario donde se les preguntaba sobre su experiencia de juego. Además, el cuestionario medía la idoneidad de los contenidos del videojuego para un público más joven, al que va destinado principalmente el videojuego.

Posteriormente, se procedió a analizar todos los cuestionarios y opiniones de dicha evaluación formativa. La primera fase sirvió para subsanar los errores detectados en la prueba. A continuación, se analizaron las posibles mejoras propuestas por los usuarios. Se eligieron las más repetidas y se elaboró un plan de re-implementación del videojuego.

Una vez finalizada esta etapa de re-implementación, el videojuego fue probado por una experta pedagoga, con más de 25 años de experiencia en educación primaria, para que nos diera una recomendación de edad. Para que el experimento tuviera éxito, acertar con la edad de los futuros jugadores es determinante. Tras probar en profundidad el videojuego, dicha experta determinó que la edad ideal era la comprendida entre los niños de 9 y 11 años, es decir, entre los cursos 4º, 5º y 6º de primaria.

La arquitectura básica del juego se ha realizado a través de diferentes gestores (ver figura 5) que dirigen el flujo del juego. A continuación, se detalla cada uno de los gestores:

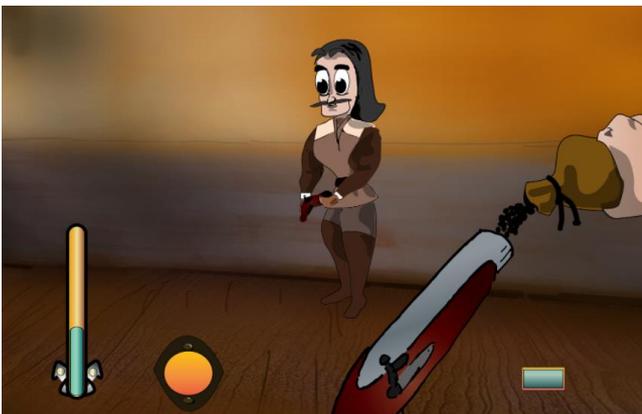


Fig. 4 - Minijuego - duelo

El gestor de diálogos se encarga de gestionar las conversaciones, así como el flujo de la historia.

1. El *gestor de escenas* controla cada una de las acciones que el jugador puede realizar en cada escena.
2. El *gestor de personajes* se ocupa, tanto del personaje principal, como del resto de personajes NPCs (personajes no interactivos).
3. El *gestor de información de pantalla* se encarga de mostrar la información actualizada del personaje principal, modificando las variables de cortesía y dinero.
4. Por último, como módulo central se sitúa el *gestor del juego*, que hace de mediador entre el resto de gestores, realizando las operaciones necesarias para el correcto funcionamiento del juego.

El juego, desarrollado con Unity3D, queda totalmente disponible para descarga gratuita en diferentes plataformas. Además, el código del juego es abierto, por lo que está disponible su repositorio en GitHub, de modo que cualquier persona puede descargarlo y modificar, consultar o ver todo aquello que desee [28].

Una vez terminado el juego, era el momento de realizar un experimento, a fin de conocer si el videojuego desarrollado conseguía motivar a los más jóvenes a ir al teatro, y sobretodo que lo hicieran divirtiéndose.

Este experimento tiene como principal objetivo el comprobar la efectividad de estos videojuegos como herramienta de motivación y aprendizaje sobre el teatro clásico de cara a los más jóvenes mientras se divierten.

Por lo tanto, las preguntas de investigación planteadas son:

**PR1:** ¿Puede el videojuego de “La Cortesía de España” motivar a los jóvenes a ir al teatro?

**PR2:** ¿Puede el videojuego de “La Cortesía de España” enseñar a los jugadores el argumento de la obra de teatro homónima?

### III. EXPERIMENTO

A continuación, se explican los pasos seguidos durante el experimento, así como sus características.

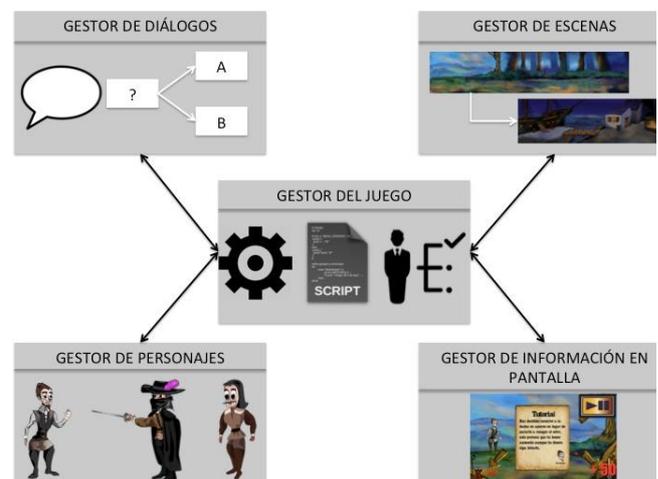


Fig. 5 - Arquitectura del videojuego.

### A. Participantes

El experimento se llevó a cabo con 154 alumnos del colegio Benito Pérez Galdós de Móstoles, Madrid. La edad de los participantes es de 9 a 12 años. El 55,2% de los alumnos son chicos, mientras que el 44,8% restante son chicas. En términos de género, para las edades elegidas, la muestra es representativa en la población estudiantil de la Comunidad de Madrid [29].

De los 154 participantes en el experimento, fueron descartados los resultados obtenidos por alumnos de 12 años, ya que estos alumnos no formaban parte del público objetivo para el que había sido desarrollado el videojuego. Después de eliminar estos 9 alumnos, el número total de participantes fue de 145.

Uno de los primeros pasos, previo al experimento, fue ponerse en contacto con el colegio para saber si los alumnos conocían el contenido de la obra, ya que había sido representada en Madrid durante el año 2015, y, con motivo de las excursiones escolares, cabía la posibilidad de que el colegio hubiese llevado a los alumnos a ver la representación. La dirección del colegio confirmó que no conocían la obra. No obstante, y para evitar errores en el experimento, en el cuestionario inicial se incluyó una pregunta para aclarar si la conocían. El 97,2% de los participantes manifestó no conocer la trama antes del experimento. De los 145 participantes, 4 conocían el argumento de la obra con antelación. Estos fueron descartados para el estudio dado que la finalidad de este experimento es conocer si su interés sobre la obra teatral aumenta y medir cuánto aprenden. Esto dejó el número final en 141 alumnos útiles para el estudio.

Ya que las diferencias de nivel en el uso de las nuevas tecnologías podía introducir errores en nuestro experimento, nos aseguramos de que todos eran capaces de usar los dispositivos

### B. Diseño experimental

El experimento sigue un diseño cuasi-experimental, y se encuentra dividido en tres partes. Con el fin de poder comparar los resultados de cada una de las partes del experimento, se entregó a cada participante un identificador numérico único, de modo que los resultados obtenidos son totalmente anónimos, permitiendo una mayor libertad en sus respuestas.

La primera parte consiste en un pre-test o cuestionario previo, a rellenar en un máximo de 5 minutos. En primer lugar, deben escribir el código identificativo de cada participante, su género y su edad. Dentro del cuestionario se encuentran preguntas con el fin de medir su conocimiento previo de la obra y su motivación por asistir al teatro.

Tras la realización del pre-test se procede a llevar a cabo la experiencia de jugar al videojuego diseñado para la investigación. Para la realización de esta parte, los investigadores han instalado previamente el juego en los diferentes dispositivos puestos a disposición por el colegio.

Cada participante recibe, sin moverse de su sitio, un dispositivo con el juego listo para jugar. El videojuego está diseñado para que dé tiempo a realizarse en lo que dura una clase, es decir, en un máximo de 50 minutos. Para procurar que la inmersión y comprensión de los participantes sea máxima, se entrega a cada uno unos auriculares, de modo

que se puedan escuchar tanto los diálogos como las músicas sin conflicto con los participantes de alrededor.

Acabado el experimento se procede a entregar a cada participante el post-test, un cuestionario a rellenar por los participantes en un máximo de 5 minutos. Si por algún motivo, alguno de los participantes, diez minutos antes de acabar el tiempo asignado al experimento no hubiese acabado de jugar una partida al videojuego, los investigadores debían dar la partida por terminada y entregar al participante el post-test para su cumplimentación. Durante el experimento no se tuvo la necesidad de realizar esto en ninguna ocasión, ya que todos los participantes acabaron el experimento con tiempo suficiente para rellenar el post-test. La descripción detallada de ambos cuestionarios está incluida en el apartado Instrumentos (ver apartado III.C).

Tras finalizar el post-test, los participantes tenían la posibilidad de volver a jugar al videojuego hasta que el tiempo destinado para el experimento finalizase.

### C. Instrumentos

Para poder encontrar respuesta a las preguntas de investigación realizadas en este experimento, se han diseñado dos cuestionarios a cumplimentar por todos los participantes: un pre-test, para rellenar al comienzo de la prueba, y un post-test, que debe ser rellenado al final de la misma. Todo esto como complemento del videojuego, el cual se ha detallado en el apartado de videojuego y preguntas de investigación (ver apartado II).

En la primera parte del pre-test se encuentra un recuadro en el que los alumnos deben poner el código identificativo entregado por los profesores antes de comenzar la prueba a modo de pegatina que los estudiantes se pegaban en el pecho para no perderlo, con el cual los investigadores podían luego comparar los resultados del pre-test con los del post-test. También se solicita información social-demográfica de los participantes. La segunda parte del cuestionario realiza preguntas con el fin de medir el conocimiento que los participantes tienen de la obra previo al experimento (ver Preguntas 1) y la motivación que presentan por el teatro en general y por la representación de esta obra en particular (ver Preguntas 2). Las preguntas utilizadas para medir la motivación de los participantes por el teatro son del tipo Likert 7.

El post-test se encarga de medir cuánto han aprendido los estudiantes sobre la obra y su motivación sobre ir al teatro tras la realización del experimento. Para medir su aprendizaje se realizan 8 preguntas con diferentes niveles de dificultad y 4 respuestas posibles, siendo sólo una de ellas la respuesta correcta (ver Preguntas 3). Las preguntas sobre la motivación de los alumnos por el teatro se contestaban, al igual que en el pre-test, con una escala Likert 7 (ver Preguntas 4). En la segunda parte del cuestionario se pedía a los alumnos su valoración sobre el juego (ver Preguntas 5) y su valoración sobre la experiencia (ver Preguntas 6), con el

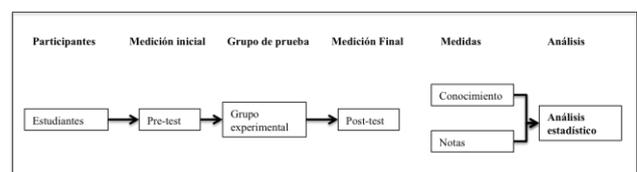


Fig. 6 - Diseño cuasi-experimental

único fin de saber si la experiencia había sido satisfactoria para los participantes y realizar mejoras para futuros experimentos. Se realizaron diversas preguntas en escala Likert 7 para conocer las opiniones de los participantes.

Cabe destacar que, al tratarse de un público objetivo de corta edad y debido a que sus habilidades lectoras pueden resultar pobres, en todas las preguntas en escala Likert 7 se ha representado cada valor de la escala, además de en forma numérica, en forma de emoticono tipo whatsapp (herramienta con la que, la mayoría están muy familiarizados), ayudando así a la comprensión de la respuesta.

#### IV. RESULTADOS

En esta sección se procede a analizar los datos resultantes del experimento detallado en la sección de experimento (ver sección III).

##### A. Interés en el teatro

Para responder a la pregunta de investigación **PR1**, procedemos a analizar el interés que el videojuego despierta en los alumnos por asistir a la obra de teatro. Este análisis lo realizamos en base a los resultados obtenidos en las preguntas sobre la motivación. Con el fin de demostrar que los resultados son estadísticamente significativos, realizamos una prueba T-Student de muestras relacionadas ya que no contemplamos un grupo de control en la prueba. Primero, nos ofrece los resultados de las correlaciones de muestras relacionadas, es decir, datos de un grupo único, sin grupo de control. Esta prueba nos ofrece un análisis de la relación entre los grupos y nos es útil para corroborar que, efectivamente, nos encontramos ante muestras relacionadas. Al obtener una significación menor que 0.05, podemos asumir que nos encontramos ante este tipo de muestras y que, por tanto, podemos proceder al análisis de la prueba de t, teniendo asegurado que esta prueba es válida para esta muestra.

En la tabla 2 podemos observar la prueba t con un alpha de 0.05 (significación del 95%). En esta prueba podemos observar que la diferencia de medias es de -2.05 y que esta dentro del intervalo de confianza, situado entre -2.662 y -1.437, por tanto, asumimos que las medias son diferentes. Por último, podemos observar el estadístico t (-6.619) y su significación (0.000). Dado que la significación es menor que 0.025 (0.5/2 dado que el contraste es bilateral) podemos rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias, y, por tanto, asumir los resultados estadísticamente significativos.

Conociendo los resultados estadísticamente significativos, se procede a analizar los descriptivos. En la siguiente tabla (ver tabla 3) podemos observar las medias resultantes de todas las respuestas obtenidas tanto en el pre-test como en el pos-test. Se puede observar un incremento entre el pre-test (media de 4.96 sobre un total de 7 puntos máximo) y el post-test (media de 5.47 sobre 7 puntos máximo). La desviación estándar se puede observar muy similar tanto en el pre-test (1.1820) como en el post-test (1.140).



Fig. 7- Escala Likert 7 con emoticonos

##### B. Conocimiento sobre el argumento

Para responder a la pregunta **PR2**, debemos estudiar el conocimiento adquirido por los alumnos sobre el argumento de la obra. Uno de los puntos de partida de este experimento es que los alumnos no habían visto la obra representada en el juego. Con éste como base, asumimos que los alumnos no conocían nada sobre el argumento. Como se puede observar en la siguiente tabla (ver tabla 4) los alumnos obtuvieron una media de 6.07 respuestas acertadas sobre un total de 8 posibles. La desviación estándar (1.402) nos indica que la fluctuación de respuestas acertadas por alumno es baja.

##### C. Valoración del juego y de la experiencia

Con el fin de evaluar la experiencia de los alumnos en el experimento y el juego, se analizaron los datos obtenidos de estos. En la primera se obtuvo una media de 17.04 puntos sobre un máximo de 21. En la segunda se obtuvo una media de 36.42 sobre un total de 42.

#### V. DISCUSIÓN

En esta sección se responden a las preguntas de investigación planteadas en la sección II.

**PR1:** ¿Puede el videojuego de “La Cortesía de España” motivar a los jóvenes a ir al teatro?

No, no se puede asegurar este hecho. En los resultados se puede observar una diferencia estadísticamente significativa entre las respuestas dadas por los participantes en el pre-test (4.96 sobre 7), es decir, antes de jugar al videojuego y tras haber jugado una partida, el post-test (5.47 sobre 7). Dada la naturaleza del experimento estos resultados no pueden llevar a afirmar que jugar a un juego haga que los estudiantes estén motivados para ir al teatro. Sin embargo, creemos que los resultados son lo suficientemente significativos para pensar que se puede establecer una línea de investigación, con experimentos más largos que puedan llegar a afirmar que la motivación aumenta a través de videojuegos.

Todos estos datos demuestran que las técnicas utilizadas para el desarrollo y el enfoque del videojuego han resultado efectivas.

**PR2:** ¿Puede el videojuego de “La Cortesía de España” enseñar a los jugadores el argumento de la obra de teatro homónima?

TABLA I  
CORRELACIONES DE MUESTRAS EMPAREJADAS

N	Correlación	Sig.
141	0.687	0.000

TABLA II  
PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS

Media	95% Intervalo de confianza		T	GL	Sig.(bi)
	Inferior	Superior			
-2.05	-2.662	-1.437	-6.619	140	0.000

\*p<0.05

TABLA III  
MOTIVACIÓN POR IR AL TEATRO

Descriptivos	Motivación		
	N	Media	Desviación std.
Pre-Juego	141	4.96	1.182
Post-Juego	141	5.47	1.140

Sí, los resultados obtenidos en este apartado son altos en tanto en cuanto se han conseguido altas puntuaciones en las preguntas sobre el argumento de la obra. La puntuación media del alumnado fue de 6.07 sobre 8, lo cual da una nota muy alta hablando en términos de evaluación clásica. Este punto demuestra que no son necesarios sesiones maratónicas de materia para que los alumnos aprendan. Con esta técnica en una clase de 50 minutos se consigue que aprendan con efectividad el argumento de una obra de teatro del siglo XVII.

Con la última estadística, y como complemento a las anteriores respuestas, se consigue una alta puntuación en las evaluaciones sobre la experiencia y el juego. Los resultados en el ámbito de la experiencia vivida son de 17.04 sobre una puntuación máxima posible de 21. Así mismo, en la valoración del juego se obtiene una puntuación de 34.16 sobre una puntuación máxima obtenible de 42. Ambos resultados son superiores a lo que se puede entender clásicamente como aprobado. Con esto se demuestra que, el videojuego realizado, además de enseñar y motivar a los alumnos en el campo del teatro clásico, ha logrado que estos hayan tenido una experiencia de aprendizaje divertida y amena.

## VI. CONCLUSIONES

En base a los resultados discutidos en la sección de discusión (ver sección V), las conclusiones son claramente positivas. Podemos concluir que los videojuegos desarrollados de manera similar al descrito en este artículo (ver apartado II) son eficaces para conseguir nuestros objetivos prioritarios: 1) que despierten el interés del alumnado por el arte (en este caso en concreto, por el teatro clásico), 2) que el alumno/jugador aprenda sobre el argumento de la obra de teatro versionada y, 3) que la experiencia sea positiva y los participantes se diviertan, que es el objetivo de cualquier videojuego.

Una observación interesante realizada por los investigadores durante el experimento fue que, al acabar, muchos de los participantes comprobaron entre ellos que sus partidas no habían sido iguales, llegando no sólo a diferentes finales, sino que, debido a la ramificación del juego, la experiencia de unos había sido diferente a la de otros. Esto provocó un aumento de motivación por volver a jugar por parte de los propios alumnos, que preguntaban cómo podían descargarse el juego en sus casas -El juego se puede descargar de forma gratuita en Google Play-.

También queremos destacar las limitaciones de este estudio. En primer lugar, el experimento se realizó en un

contexto muy específico, es decir, con estudiantes de 9-11 años y con un videojuego sobre teatro clásico, lo que hace difícil generalizar los resultados. Además, los estudiantes realizaron el experimento durante muy poco tiempo, 50 minutos, lo que posiblemente no dejó ver todos los efectos posibles del videojuego. Sería interesante, para impulsar esta investigación, desarrollar mejoras en el videojuego y exponer a los alumnos a la prueba durante más tiempo, lo que ayudaría a poder ver otros efectos diferentes y significativos. También pretendemos realizar test a más largo plazo para comprobar los efectos del videojuego con el transcurso del tiempo. Por último, en un experimento futuro utilizaremos un grupo de control, como el profesor habitual, para poder comparar nuestros resultados con los obtenidos en la educación clásica.

El principal trabajo futuro tras esta investigación es la ampliación de este experimento. Este consistirá en que los alumnos puedan asistir a la obra real tras haber jugado al juego. Además de los participantes del experimento, se añadirá un grupo de control que no haya jugado para comprobar si existen diferencias. De esta experiencia se podrá evaluar si el jugar afecta al interés de los participantes por el teatro clásico.

Por último, se quiere resaltar que se proporcionaba a todos los alumnos unos auriculares para involucrarlos lo más posible en la historia. Sin embargo, algunos estudiantes encontraron incómodos los auriculares, por lo que no los usaron. Los investigadores observaron que, los estudiantes que no usaron auriculares tendían más a fijarse en las acciones de sus compañeros que en buscar la mejor salida individualmente. Esto nos lleva a pensar que el ambiente sonoro puede ser un factor importante en la inmersión de los jugadores en el mundo del juego.

Todos los datos obtenidos, sumados a las observaciones de los investigadores, nos llevan a pensar que juegos como éste pueden ser una alternativa real a los problemas de desinterés de los jóvenes por el teatro.

## AGRADECIMIENTOS

Esta publicación ha sido financiada por el Proyecto ComunicArte.

Agradecemos a la escuela Benito Pérez Galdós, por ayudarnos con el experimento. Especialmente a Marcos González Notario y Ana María Morillo Sánchez. Asimismo, queremos agradecer a todos aquellos que intervinieron en la creación del juego, especialmente a Marcos García-Ergüin, Ángel del Blanco, María Luisa Hondarza, a todos los que grabaron las voces, probaron el juego y nos dieron comentarios cuando necesitábamos mejorar.

## REFERENCIAS

- [1] M. Prensky, "H. sapiens digital: From digital immigrants and digital natives to digital wisdom," *Innov. J. online Educ.*, vol. 5, no. 3, p. 1, 2009.
- [2] A. C. de Mendizábal and J. C. Martínez, "Determinantes del riesgo de fracaso escolar en España en PISA-2009 y propuestas de reforma," *Rev. Educ.*, no. 362, pp. 562–593, 2013.
- [3] C. Garitaonandia, E. Fernández, and J. A. Oleaga, "Las tecnologías de la información y de la comunicación y su uso por los niños y los adolescentes," *Doxa Comun.*, vol. 3, pp. 45–64, 2005.

TABLA IV  
CONOCIMIENTO ADQUIRIDO SOBRE LA OBRA

Descriptivos	Conocimiento		
	N	Media	Desviación std.
Post-Juego	141	6.07	1.402

TABLA V  
VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Descriptivos	Juego y Experiencia		
	N	Media/Max	Desviación std.
Experiencia	141	17.04/21	4.52
Juego	141	34.16/42	5.587

- [4] M. Prensky, "'Don't bother me Mom, I'm learning!': how computer and video games are preparing your kids for twenty-first century success and how you can help!," *Minnesota Paragon House*, pp. 27–51, 2006.
- [5] A. Sedeno, "Videogames as cultural devices: development of spatial skills and application in learning," *Comunicar*, vol. 17, no. 34, pp. 183–189, 2010.
- [6] D. Chiappe, M. Conger, J. Liao, J. L. Caldwell, and K. P. L. Vu, "Improving multi-tasking ability through action videogames," *Appl. Ergon.*, vol. 44, no. 2, pp. 278–284, 2013.
- [7] K. Durkin, "Videogames and Young People With Developmental Disorders," *Rev. Gen. Psychol.*, vol. 14, no. 2, pp. 122–140, 2010.
- [8] a Torres, "Cognitive effects of videogames on older people," *Proc. 7th Intl Conf. Disabil. Virtual Real. Assoc. Technol. with ArtAbilitation*, pp. 191–198, 2008.
- [9] G.-J. Hwang, P.-H. Wu, and C.-C. Chen, "An online game approach for improving students' learning performance in web-based problem-solving activities," *Comput. Educ.*, vol. 59, no. 4, pp. 1246–1256, 2012.
- [10] C. Brom, M. Preuss, and D. Klement, "Are educational computer micro-games engaging and effective for knowledge acquisition at high-schools? A quasi-experimental study," *Comput. Educ.*, vol. 57, no. 3, pp. 1971–1988, 2011.
- [11] N. Bos and N. S. Shami, "Adapting a face-to-face role-playing simulation for online play," *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 54, no. 5, pp. 493–521, 2006.
- [12] T. Lowrie and R. Jorgensen, "Gender differences in students' mathematics game playing," *Comput. Educ.*, vol. 57, no. 4, pp. 2244–2248, 2011.
- [13] M. Papastergiou, "Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education: Impact on educational effectiveness and student motivation," *Comput. Educ.*, vol. 52, no. 1, pp. 1–12, 2009.
- [14] J. M. C. López and M. J. M. Cáceres, "Virtual games in social science education," *Comput. Educ.*, vol. 55, no. 3, pp. 1336–1345, 2010.
- [15] H. Tüzün, M. Yılmaz-Soylu, T. Karakuş, Y. İnal, and G. Kızılkaya, "The effects of computer games on primary school students' achievement and motivation in geography learning," *Comput. Educ.*, vol. 52, no. 1, pp. 68–77, 2009.
- [16] M. J. Mayo, "Video games: A route to large-scale STEM education?," *Science (80- )*, vol. 323, no. 5910, pp. 79–82, 2009.
- [17] SGAE, "Anuario SGAE," *Anuario*, 2016. [Online]. Available: <http://www.anuariossgae.com/anuario2016/home.html>
- [18] H.-Y. Sung and G.-J. Hwang, "A collaborative game-based learning approach to improving students' learning performance in science courses," *Comput. Educ.*, vol. 63, pp. 43–51, 2013.
- [19] C. Cantillo Valero, M. Roura Redondo, and A. Sánchez Palacín, "Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación," *La Educ. Digit.*, vol. 47, pp. 1–21, 2012.
- [20] M. D. Dickey, "Murder on Grimm Isle: The impact of game narrative design in an educational game-based learning environment," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 42, no. 3, pp. 456–469, 2011.
- [21] R. Van Eck, "Building Artificially Intelligent Learning Games," in *Games and Simulations in Online Learning: Research and Development Frameworks*, 2007, pp. 271–307.
- [22] B. Manero, J. Torrente, Á. Serrano, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, "Can educational video games increase high school students' interest in theatre?," *Comput. Educ.*, vol. 87, pp. 182–191, 2015.
- [23] B. M. Iglesias, C. Fernández-Vara, and B. Fernández-Manjón, "E-learning takes the stage: From La Dama Boba to a serious game," *IEEE Rev. Iberoam. Tecnol. del Aprendiz.*, vol. 8, no. 4, pp. 197–204, 2013.
- [24] C. Stanislavski, *Building a character*. A&C Black, 2013.
- [25] M. R. Moneo, "Motivar para aprender en situaciones académicas," in *La crisis de la escuela educadora*, 2009, pp. 207–242.
- [26] L. M. L. Fernández and E. García-Cueto, "Relación entre motivación y aprendizaje," *Psicothema*, vol. 12, no. Suplemento, pp. 344–347, 2000.
- [27] S. C. Begega and M. L. Nistal, "ESTUDIO DE PLATAFORMAS PARA EL DESARROLLO DE JUEGOS EDUCATIVOS DE" POINT AND CLICK," 2010.
- [28] C. D.-F. Alejandro Romero, Manuel González, "Web Experimento La Cortesía de España," 2016, 2016. [Online]. Available: <http://cortesias.e-ucm.es/>.
- [29] D. y cifras de la Educación, "Datos y cifras de la Educación 2011-2012," *Estadística la enseñanza en la Comunidad Madrid*, 2011.



**Alejandro Romero** es egresado del grado en Ingeniería Informática por la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y del Máster en Letras Digitales: Estudios Avanzados en Textualidades Electrónicas por la misma universidad (2016). Desde 2015 se ha dedicado al desarrollo de videojuegos artísticos para su aplicación en el mundo educativo. Como fruto de investigaciones con estos videojuegos se han publicado tres artículos científicos. Actualmente está desarrollando el Doctorado en Ingeniería Informática en la misma universidad. Su principal interés de investigación es desarrollar un modelo de inteligencia artificial, simulando una inteligencia emocional. El objetivo final es aplicar este modelo en distintos aspectos de los videojuegos educativos artísticos para trabajar en el usuario distintas competencias transversales.



**Manuel González Riojo** es graduado en Ingeniería Informática por la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Actualmente se encuentra realizando una estancia como Visting Scholar en el departamento de Lenguas Romances y Literatura de la Universidad de Harvard. Es miembro del Real Colegio Complutense (RCC) de la Universidad de Harvard. Desde 2015 ha centrado su investigación en el uso de la tecnología y el arte como vehículos educativos, realizando proyectos en la UCM con la Compañía Nacional de Teatro Clásico (CNTC) y el Ballet Nacional de España (BNE). Además, ha ganado diversos premios desarrollando videojuegos educativos. En 2017 comienza a trabajar como CTO en Cultural Agents, una ONG con sede en la Universidad de Harvard.



**Borja Manero**, PhD es Profesor Contratado doctor en la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Es licenciado en Ciencias Físicas (especialización en Cálculo Automático) (1999), en Arte Dramático (2007) y Doctor en Ciencias de la Computación (Premio Extraordinario de Doctorado, 2015). Después de 2 años trabajando en el CERN (Geneve), comenzó a combinar su trabajo como investigador de videojuegos en la UCM, con su pasión, el teatro. Tiene más de 20 publicaciones científicas en el campo de los juegos serios. Además, ha participado en más de 50 obras de teatro, películas y programas de televisión como actor profesional y director. Desde 2010, investiga las posibilidades de utilizar los videojuegos para motivar a los jóvenes por las disciplinas artísticas. Su objetivo principal es llenar teatros con gente joven.



**César Díaz-Faes** es Graduado en Ingeniería en Informática por la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y Máster en Diseño y Desarrollo de videojuegos por la misma universidad (2016). Desde 2015 ha dedicado su vida a la especialización en el mundo del desarrollo de videojuegos y más concretamente en el ámbito educativo, llegando a publicar tres artículos científicos. Ha desarrollado en estos últimos años más de una decena de videojuegos, de los cuales cuatro han recibido algún tipo de galardón. Tras terminar los estudios se incorpora como investigador para la UCM desarrollando un videojuego educativo de danza española junto al Ballet Nacional de España. En 2017 comienza a trabajar como desarrollador de juegos en la multinacional española Recreativos Franco mientras compagina otros proyectos de desarrollo de videojuegos.

ANEXO A. PRE-TEST

Preguntas 1 - Preguntas sobre conocimiento

Instrucciones: Rodea con un círculo la opción correcta en cada pregunta.

1. ¿Conocías el argumento de La Cortesía de España antes del día de hoy?

Sí	No
----	----

2. ¿Cuántas veces has ido al teatro durante el año 2015?

<input type="text"/>	Veces
----------------------	-------

3. ¿Has ido alguna vez de excursión al teatro con la escuela?

Sí	No
----	----

Preguntas 2 - Preguntas sobre motivación

4. Valora con un círculo cuánto te gusta el teatro.

1	2	3	4	5	6	7	

5. Valora con un círculo cuánto te apetece ir a ver una obra de teatro clásico

1	2	3	4	5	6	7	

6. Valora con un círculo cuánto te apetece ir a ver la obra "La Cortesía de España".

1	2	3	4	5	6	7	

7. Valora con un círculo cuánto te gustaría que el colegio te llevase a ver obras de teatro.

1	2	3	4	5	6	7	

ANEXO B. POST-TEST

Preguntas 3 - Preguntas sobre conocimiento

Conocimiento sobre la obra

Instrucciones: Rodea con un círculo la opción correcta en cada pregunta.

1. ¿Cómo se llama el escudero de Don Juan?

Marcelo	Claudio	Mauricio	Zorrilla
---------	---------	----------	----------

2. ¿Cuál es el objetivo principal del protagonista?

Ser un hombre de honor	Ser un hombre rico	Conquistar a su escudero	Ver a su hermana
------------------------	--------------------	--------------------------	------------------

3. ¿Qué se encuentra el protagonista al llegar al bosque?

Un mendigo	Un borracho	Un campesino	Un bandido
------------	-------------	--------------	------------

4. ¿Qué ocurre cuando llega Marcelo a casa de Don Juan?

Zorrilla se marcha de casa	Don Juan no le deja entrar	Leonarda les invita a tomar algo	Lucrecia advierte que Marcelo es su marido
----------------------------	----------------------------	----------------------------------	--

5. ¿Qué cree Lucrecia que ha hecho su marido Marcelo?

Obligarla a casarse con otro hombre	Mandar a Claudio a darla muerte	Abandonarla en un bosque	Olvidar el día de su aniversario
-------------------------------------	---------------------------------	--------------------------	----------------------------------

6. ¿En qué ciudad vive el protagonista?

Génova	Toledo	Barcelona	Orgaz
--------	--------	-----------	-------

7. ¿De dónde viene el protagonista al empezar el juego?

De un viaje de placer	De la Guerra de Flandes	De hacer negocios	De navegar por el mar del norte
-----------------------	-------------------------	-------------------	---------------------------------

8. ¿Cómo viajan nuestros protagonistas desde el bosque hasta Barcelona?

En carro	En tren	En barco	Andando
----------	---------	----------	---------

Preguntas 4 - Preguntas sobre motivación

Motivación

En las siguientes preguntas, el icono más triste significa que no te gusta absolutamente nada y el más feliz que te gusta muchísimo.

9. Valora con un círculo cuánto te gusta el teatro

1	2	3	4	5	6	7	

10. Valora con un círculo cuánto te apetece ir a ver una obra de teatro clásico

1	2	3	4	5	6	7	

11. Valora con un círculo cuánto te apetece ir a ver la obra "La Cortesía de España"

1	2	3	4	5	6	7	

12. Valora con un círculo cuánto te gustaría que el colegio te llevase a ver obras de teatro

1	2	3	4	5	6	7	

Preguntas 5 - Preguntas sobre valoración del juego

**Valoración del juego**

13. Valora con un círculo cuánto te ha gustado el juego.

								
1	2	3	4	5	6	7		

14. Valora con un círculo los gráficos del juego.

								
1	2	3	4	5	6	7		

15. Valora con un círculo cuánto te ha gustado la historia narrada en el juego.

								
1	2	3	4	5	6	7		

16. Valora con un círculo lo divertido que te parece el **mini juego** en el que persigues al bandido. **(Responde sólo si lo has jugado)**

								
1	2	3	4	5	6	7		

17. Valora con un círculo lo divertido que te parece el **mini juego** en el que miras a través de una cerradura. **(Responde sólo si lo has jugado)**

								
1	2	3	4	5	6	7		

18. Valora con un círculo lo divertido que te parece el **mini juego** del duelo de pistolas. **(Responde sólo si lo has jugado)**

								
1	2	3	4	5	6	7		

Preguntas 6 - Preguntas sobre valoración de la experiencia

**Valoración de la experiencia**

22. Valora con un círculo cuánto quieres jugar al videojuego de una obra de teatro antes de ir a verla

								
1	2	3	4	5	6	7		

23. Valora con un círculo cuánto te ha gustado esta clase sobre La Cortesía de España

								
1	2	3	4	5	6	7		

24. Valora con un círculo cuánto sabes ahora sobre la obra "La Cortesía de España"

								
1	2	3	4	5	6	7		

# Innovación en la Universidad: Percepción, Seguimiento y Satisfacción

Raquel Arguedas Sanz, Juan Antonio Vicente Vírveda, Rodrigo Martín García y Julio González Arias

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

Arguedas, R.; Vicente, J.A.; Martín, R. and González, J. "Innovation in the University: perception, monitoring and satisfaction", IEEE-RITA, Aug 2018, Volume 13, Issue 3, pp. 111-118

DOI: <https://doi.org/10.1109/RITA.2018.2862721>

## **Title—Innovation in the University: Perception, Monitoring and Satisfaction**

**Abstract—** In this article, a blended learning teaching experience played in the UNED is described. The project consisted in a proposal of integration of technology (virtual learning platform) and teaching methodologies (multimedia contents, weekly deliverables activities, continuous self-assessment, mentoring, four-monthly calendar and webconferences) in order to increase students' engagement, results and satisfaction.

A statistical study performed showed that self-assessment and teacher follow-up are the main factors for: 1) students' initial perception, 2) satisfaction and 3) the most effective tools to avoid dropout.

Participants in the project have a reduced dropout rate and better results than those who did not get involved in it.

**Index Terms—** Blended learning, innovation, satisfaction, ICT

## I. INTRODUCCIÓN Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

DURANTE los últimos años, son muchas las tecnologías que se han introducido o generalizado en el proceso docente. El Informe Horizon del NMC (New Media Consortium) mencionaba para 2012 como tendencias para la educación universitaria: las aplicaciones para móviles, el uso de tabletas, el aprendizaje basado en juegos, la analítica de aprendizaje, la computación basada en el gesto y la internet de las cosas [1], muchas de ellas hoy ya generalizadas. El mismo informe para 2016 [2] ya señala como inminentes los sistemas "Trae tu propio dispositivo" (BYOD, Bring Your Own Device), las analíticas de aprendizaje y aprendizaje adaptativo, la realidad aumentada y virtual y los makerspaces y, a medio plazo, la informática afectiva y la robótica aplicadas a la educación superior. Y es que la utilización de las tecnologías en la educación se encuentra en un proceso de aceleración.

Las TICS son un instrumento fundamental en la innovación [3]-[7] y, más aún, en la innovación educativa [8]-[12], como queda ampliamente tratado en la literatura.

Los profesores son miembros de la Facultad de CC. Económicas y Empresariales de la UNED, e integran el Grupo de Investigación oficialmente reconocido como "Grupo de Innovación Docente en Finanzas" (FINNOVAR) ([rarguedas@cee.uned.es](mailto:rarguedas@cee.uned.es)).

Raquel Arguedas, ORCID ID: 0000-0001-7368-6347

Juan Antonio Vicente, ORCID ID: 0000-0002-1260-2434

Rodrigo Martín, ORCID ID: 0000-0002-9065-7481

Julio González, ORCID ID: 0000-0003-4993-4739

El último informe UNIVERSITIC [13] muestra una elevada predisposición a implicarse y a colaborar en la integración de las TICS en el día a día de sus actividades, por parte de las instituciones universitarias españolas, tanto a nivel institucional como por parte del profesorado. Sin embargo, para la generación de buenas prácticas en el ámbito docente, no es suficiente la aplicación de nuevas tecnologías. Para ello, éstas deben integrarse con metodologías alineadas con los objetivos y adaptadas al contexto y al funcionamiento de la institución académica concreta, para que todo ello repercuta en una mejora efectiva de la calidad del proceso docente. El proceso de integración de ambas es clave para conseguir los objetivos de aprendizaje con la máxima adaptación al contexto educativo concreto de los estudiantes, la propia institución y la sociedad en su conjunto [14]. Además, la adopción de medidas no puede ser aislada, sino que debe avanzarse en múltiples frentes para conseguir que las innovaciones tecnológicas se canalicen correctamente hacia el proceso de aprendizaje [15]. De hecho, la aplicación de metodologías activas puede no generar ventajas significativas e incluso, ser negativa por la simple implantación de recursos en red sin ser adecuadamente complementados [16]-[19].

Es fundamental integrar la tecnología con metodologías activas -tradicional y no tradicional- [20], [21] para ofrecer respuestas a las necesidades de estudiantes cada vez más diversos y a los requerimientos de calidad [22]. Durante los últimos años, las TICs se han integrado en experiencias que emplearon portafolios educativos virtuales, tabletas digitales, blogs, redes virtuales, minivideos docentes, podcasts, comunicación digital o recursos educativos en abierto, entre otros muchos. Todo ello, con múltiples objetivos: analizar los efectos en la formación inicial, la metodología de clase invertida, la autoformación y autoevaluación, aprendizaje-servicio, aprendizaje basado en proyectos, evaluación del aprendizaje, la formación de comunidades de aprendizaje, el impacto social de la tecnología educativa, etc.

En este ámbito, los proyectos de innovación docente se convierten en un factor clave en la evolución de la enseñanza y en la innovación de mecanismos docentes que puedan ser estandarizados y extendidos en su uso. La clave está en conocer qué se precisa para generar una innovación docente eficaz en la educación superior, y avanzar en el conocimiento de esta premisa constituye el objetivo del presente trabajo, para lo que nos centraremos en las

innovaciones metodológicas basadas en las TIC y aplicadas al proceso docente.

En este trabajo se presentan los objetivos, metodología y resultados básicos del proyecto “Red de Enriquecimiento metodológico y aprendizaje colaborativo en Finanzas”, realizado en el curso 2015/2016, que desarrolla y amplía el alcance de proyectos previos. Constituye una propuesta en el marco del proceso de innovación educativa para la introducción de una combinación de tecnología-actividades orientada al aprendizaje continuo, con la participación de profesores, tutores y la figura del mentor.

El proyecto se concibió para realizar un estudio en tres momentos distintos del proceso enseñanza-aprendizaje que, conjuntamente, abarcan todo su alcance.

En primer lugar, se analizó la predisposición a priori en relación con aspectos instrumentales del proceso docente (utilización de herramientas tradicionales vs. manejo de herramientas de grabación-edición) y con instrumentos de comunicación social virtual. En segundo lugar, se trató de estimular la competencia relacionada con el uso de las técnicas instrumentales en el ámbito de las TICs aplicadas a las finanzas, a lo largo del proceso docente. Por último, se buscó evaluar los resultados del seguimiento continuo y la percepción del papel de la figura del mentor a lo largo del periodo docente.

Se ha cubierto así el análisis de todo el proceso docente, desde el estudio apriorístico de la inclinación o preferencias de los estudiantes, pasando por la aplicación metodológica de las nuevas técnicas y el seguimiento a lo largo del proceso de aprendizaje, hasta los resultados obtenidos por el grupo de estudiantes participantes en la experiencia. El estudio que se presenta aplica un proceso de retroalimentación de manera similar a trabajos previos, que compara las perspectivas iniciales de los estudiantes con la impresión final. Este feedback es analizado por medio de herramientas estadísticas, con el propósito de obtener información adicional relevante sobre aquellos factores o aspectos donde existen discrepancias entre ambas valoraciones. Este triple análisis descrito ha sido ampliamente tratado en la literatura.

La percepción inicial influye en la motivación e interés de profesores y estudiantes por la utilización de los proyectos de innovación docente y de las ventajas que de ellos emanan y, en nuestra experiencia, condiciona no sólo los resultados sino también las elecciones por las que optan los estudiantes. Una correcta estructura inicial hará aumentar las posibilidades de éxito final de las experiencias aplicadas en el ámbito universitario. Como se indica en la referencia [23], los proyectos de innovación docente gozan de una buena acogida por parte de los estudiantes, quienes les otorgan, a priori, una importante ventaja para la comprensión y asimilación de contenidos, que consideran tendrá su reflejo en la calificación final [24].

No obstante, los propios estudiantes identifican algunas limitaciones [25] que se relacionan directamente con la alfabetización sobre procedimientos, herramientas y metodologías y, por otra parte, con la falta de medios y apoyo por parte de las instituciones universitarias [26]. La percepción previa sugiere que los docentes deben cambiar su rol como transmisores de conocimiento, hecho que no siempre está suficientemente interiorizado por los

profesores, quienes se limitan a adaptar la práctica docente a los nuevos canales y herramientas [27]. El proceso de adaptación a las nuevas metodologías activas requerirá de un importante esfuerzo, no solo de universidades y docentes, sino también por parte de los estudiantes, cuya motivación e implicación será mayor en la medida en que se les haga partícipes del proceso [28].

En segundo lugar, el seguimiento del proceso docente, hace referencia a la aplicación práctica de las metodologías y procesos diseñados para el aprendizaje, convirtiéndose en una fase crítica. Una coherente planificación y una correcta implementación de los procesos y actividades favorecen la presentación más clara en la exposición de contenidos; el uso de recursos interactivos que facilitan la comprensión de los conceptos por parte del estudiante de manera más autónoma y continua; el incremento en los canales y flujos de comunicación; el acceso a un mayor volumen de información; y el desarrollo de competencias específicas tales como la capacidad de análisis y resolución de problemas, entre otras [29]. No obstante, la inclusión de las TIC en la enseñanza supone una transformación del proceso docente y no una simplificación del mismo, por lo que los profesores tendrán que dedicar un mayor tiempo a funciones docentes al aplicar estas metodologías activas [30].

Uno de los aspectos más importantes de la fase del seguimiento es la consecución de la competencia de *aprender a aprender*. Es imprescindible evitar confundir el aprendizaje y evaluación con la calificación, pues “[...] Se diría, por el modo que tenemos de actuar, que los profesores somos máquinas de enseñar y los alumnos máquinas de aprender. Que los docentes somos máquinas de evaluar y los aprendices máquinas que son evaluadas [...]” [31]. Las metodologías activas deben permitir al profesor observar la evolución de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, y a éstos identificar su progresión, así como las lagunas de conocimiento, teórico y práctico, en dicho proceso. Solo así se cumplirá con lo dispuesto en el actual marco legal que regula la educación superior, por el cual el proceso de aprendizaje no solo se limita a la comprensión de conceptos sino también al desarrollo de nuevas capacidades y competencias.

Finalmente, procede determinar el nivel de satisfacción de los estudiantes y la evaluación de las herramientas y actividades realizadas. Como señala la referencia [23], en el análisis de la eficiencia en la integración de las TIC en el proceso docente se observan dos vías o grupos de investigación. Por un lado, aquellos estudios que utilizan como factor de referencia el rendimiento académico o las calificaciones [32]-[34], si bien cabe destacar que la nota final puede verse distorsionada por multitud de hechos o factores de escasa relación con el tema de estudio, entre otros inconvenientes. Por otro lado, aquellos trabajos que analizan el nivel de satisfacción con el proceso y las actividades [35] y, por lo tanto, el desarrollo de competencias y de capacidades que, de ser adquiridas, contribuirán finalmente a la mejora en el proceso de aprendizaje.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) concibe la enseñanza como un proceso dinámico en cuanto a

contenidos y a procesos y modelos pedagógicos, que deberán adaptarse e incorporar las posibilidades que ofrecen las TIC. Esta transición a una “educación digital” es singularmente relevante en el caso de universidades que ofrecen formación a distancia y/o semipresencial como es el caso de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), la institución de educación superior más grande de España<sup>1</sup> y en cuyo contexto se desarrolla la experiencia que se describe en esta aportación.

Su condición de universidad pública de ámbito estatal y carácter semipresencial, impartiendo enseñanzas regladas, así como su implantación, dimensión y amplio alcance territorial convierten a la UNED en un caso paradigmático de aprendizaje combinado o mixto (conocido por su denominación anglosajona *blended learning* o *b-Learning*). Estos ambientes de aprendizaje combinan el modelo tradicional presencial con la formación a distancia a través del uso intensivo de la tecnología. Para ello, conjugan múltiples y diversos componentes de capacitación que favorecen el aprendizaje continuo y refuerzan su penetración en entornos de enseñanza a gran escala a través de la incorporación de múltiples herramientas innovadoras como programas interactivos y simulaciones, seminarios web, redes sociales, etc. [36].

Paralelamente, los desafíos que se plantean en la evaluación de los aprendizajes en la formación por competencias en los sistemas *blended learning* son muy relevantes y complejos de cara a afrontar la migración a un nuevo enfoque pedagógico y metodológico en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La referencia [37] destaca, no sólo la necesidad de adaptar y organizar las titulaciones para incorporar el citado aprendizaje basado en competencias sino, también, para orientar los cambios que requiere diversificar y ampliar los criterios, recursos e instrumentos de evaluación.

No obstante, y como destaca [36], para que la tecnología contribuya a mejorar las capacidades de aprendizaje es necesaria la implicación y compromiso institucionales en el proceso. En este contexto se inscriben, entre otros, los proyectos de Redes de Innovación Docente promovidos por las Universidades.

En concreto, la experiencia analizada en esta contribución se ha desarrollado en el marco una de estas Redes de Innovación Docente de la UNED, aplicada a las asignaturas “Inversión y Financiación” (3º curso, Grado en ADE) y “Economía de la Empresa: Inversión y Financiación” (2º curso, Grado en Economía), cuyos estudiantes matriculados anualmente ascienden en conjunto, en media, a 1.700 alumnos, y que se imparten en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.

<sup>1</sup> La UNED nace con el principal objetivo de atender a la población con mayores dificultades para el acceso a la universidad tradicional o presencial ya sea por motivos de localización y/o por la necesidad de compaginar los estudios de grado superior con la actividad profesional, entre otros. En la actualidad, acoge a más de 235.000 alumnos al año, cuenta con más de 1.400 profesores, 6.300 tutores así como una amplia red de centros asociados por todo el territorio nacional e internacional. Imparte 27 grados, 68 másteres oficiales y 18 programas de doctorado. El perfil de sus estudiantes es muy heterogéneo, aunque en su mayoría se encuentran en edades comprendidas entre los 25 y los 45 años. Además, acoge al 40% de los alumnos con discapacidad del país y cuenta con casi 1.000 matriculados procedentes de centros penitenciarios.

Los participantes en esta experiencia fueron voluntarios de entre todos los matriculados en las dos asignaturas mencionadas. Para estimular esta participación, a los estudiantes que concluyeran todas las actividades programadas y conocidas desde el comienzo, se les reconocerían hasta 2 créditos ECTS.

La Red se fundamentó en tres pilares:

- 1) Seguimiento continuo del alumnado en cuanto a las actividades propuestas (resúmenes, esquemas, formularios, videoconferencias-grabaciones), y evaluación del grado de implicación en el Proyecto.
- 2) Diseño de una encuesta, realizada a final del curso, que permitiera analizar:
  - a) La mejora de competencias y resultados a través de la incorporación de estrategias metodológicas del EEES.
  - b) La valoración de la iniciativa por parte de los estudiantes y, de manera especial, el feedback de aquellas actividades que han contribuido en mayor medida a mejorar su rendimiento.
- 3) La incorporación de una figura de soporte complementario a la disponible para la totalidad de los alumnos, como es la figura del compañero mentor. Esta figura es desempeñada por estudiantes que normalmente se encuentran estudiando últimos cursos y que han logrado una buena adaptación académica y desarrollado competencias adecuadas de estudio. Además, su experiencia les proporciona un amplio conocimiento de la institución y la metodología y su proximidad con los actuales estudiantes es idónea para ayudarles en el desarrollo de su proceso de aprendizaje [38]. En el caso concreto de la experiencia descrita, se trata de un antiguo estudiante que ya superó la asignatura y que realizó sesiones de asesoramiento específicas destinadas a los alumnos participantes en el proyecto, además de haber estado a su disposición para la comunicación bilateral o multilateral que fuese demandada.

Para atender a lo anterior y a los objetivos inicialmente fijados, el proyecto se articuló en torno a un conjunto de actividades (véase Tabla I). que contemplaban evaluación continua y apoyo permanente (síncrono y asíncrono).

Para todas las actividades descritas, la utilización de las TICS ha sido fundamental, por varios motivos: la dispersión geográfica de los alumnos participantes; la utilización de medios telemáticos para la comunicación; el soporte de la evaluación continua, la recogida de información complementaria (encuesta inicial y final). Las herramientas tecnológicas empleadas han sido: la plataforma virtual de la UNED (plataforma aLF, de gestión propia, bajo el formato dot.RN) y el correo electrónico para la comunicación corriente, la conferencia online con sesiones grabadas para las sesiones de seguimiento; pruebas de autoevaluación específicas a través de la plataforma virtual de la UNED, además de los formularios Google para la realización de las encuestas inicial y final.

A la propuesta del proyecto, realizada a través del curso virtual, respondieron inicialmente 42 estudiantes, lo que permitió conocer el perfil de los estudiantes, así como sus expectativas iniciales, si bien los resultados y la valoración

TABLA I  
SECUENCIA DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS EN EL PROYECTO

Denominación	Descripción	Ejecución
Encuesta inicial	Se realizó una encuesta a los alumnos participantes. Su objetivo es obtener información, no solo en el ámbito docente (horas de estudio, asignaturas superadas, matriculadas, etc.), sino también en el ámbito profesional y personal del alumno (sinergias posibles con su profesión, limitaciones para el estudio, etc.)	Al comienzo del proyecto
Planificación temporal	Por medio de un cronograma, o gráfico de Gantt, se realizó una planificación del tiempo que se dispone en cada asignatura, haciendo una asignación por temas acorde a la dificultad y exigencia de cada capítulo.	Al comienzo de la asignatura
Actividad 1 (A1) Resúmenes	Realización (y entrega al equipo docente del proyecto) de un resumen breve del capítulo, por parte de cada alumno participante.	En cada tema
Actividad 2 (A2) Pruebas de autoevaluación	Antes de finalizar el tiempo destinado para cada tema, el profesor facilitó una autoevaluación (ENTREGABLE) a los participantes, para comprobar el grado de asimilación del tema.	En cada tema
Actividad 3 (A3) Sesiones de videoconferencia	Se programaron sesiones de videoconferencia para impulsar la comunicación con el equipo docente y con otros alumnos (sobre el tema asignado en el cronograma o sobre aspectos generales). Constituye un foro para preguntar dudas, comentar noticias relacionadas con el tema, etc.	En cada tema
Actividad 4 (A4) Mentoring	Un antiguo alumno que ya ha superado con éxito la asignatura y que, además, es representante de estudiantes y colaborador en este proyecto, programó dos sesiones para asesorar a los estudiantes-participantes acerca de la asignatura, del proyecto y, en general, acerca de la UNED. El mentor estuvo disponible para los participantes a lo largo de todo el periodo docente para el contacto directo que fuese requerido.	Dos sesiones
Encuesta final	Al finalizar, cada alumno contestó unas preguntas, acerca de aspectos concretos de la asignatura y del proyecto, con el fin de contar con el necesario feedback.	Al finalizar el proyecto

final se nutrieron sólo de los 28 que concluyeron todas las actividades. Esto implica una tasa de abandono del proyecto de un 33% del número total de participantes que lo iniciaron. Esta tasa es consistente con la habitual en las titulaciones de la UNED en que se desarrolla esta iniciativa, en las que la tasa de presentados a examen en primera convocatoria se sitúa en torno a un 45% de los matriculados, debido a las características de los perfiles de estos estudiantes (personas con obligaciones profesionales a tiempo completo, obligaciones familiares, etc.). Debemos destacar, además, que el abandono de las actividades del proyecto no implica el abandono de la asignatura ni de la titulación, sino que está motivada, habitualmente, por un replanteamiento del conjunto de obligaciones por parte de los estudiantes a lo largo del periodo docente. El perfil de los estudiantes se ha puesto de manifiesto a través de la encuesta inicial, realizada a todos los participantes en el proyecto<sup>2</sup> y cuyos resultados son consistentes con los datos obtenidos en términos agregados por la Universidad.

La evaluación de los resultados se ha desarrollado en base a tres instrumentos: el resultado de las autoevaluaciones desarrolladas a lo largo del periodo docente, el resultado final obtenido (calificación en la asignatura) y las respuestas de la encuesta final planteada a los participantes, en la que se propusieron preguntas en torno a varios bloques: valoración de la asignatura (global y por aspectos considerados relevantes); valoración general del proyecto; valoración de las actividades vinculadas al proyecto; y cumplimiento de las expectativas, tanto relativas al proyecto, como a las distintas actividades que lo configuraron.

<sup>2</sup> En esta encuesta se han planteado preguntas relativas a: edad, sexo, formación inicial, procedencia, disponibilidad de recursos electrónicos y utilización de herramientas informáticas y obligaciones que puedan limitar el tiempo de estudio, entre otras.

El análisis de los resultados del proyecto, que será abordado en el siguiente epígrafe, se ha articulado en torno a cuatro bloques temáticos:

- 1) En primer lugar, se compararon las expectativas iniciales (recogidas en una encuesta inicial que permitió obtener información no sólo de carácter docente –horas de estudio, asignaturas superadas, etc.- sino también del ámbito profesional y personal del alumno – sinergias profesionales, limitaciones para el estudio, etc.-), con las valoraciones finales una vez concluido el proyecto, analizando si el perfil de los estudiantes o el grado de expectativas previo tuvieron algún tipo de influencia sobre la realización y valoración posterior. La metodología estadística utilizada se fundamentó en comparaciones por pares utilizando pruebas bilaterales, asumiendo varianzas iguales y con un nivel de significación de 0,05, ajustándolas a través de la corrección de Bonferroni.
- 2) Posteriormente, se analizó la valoración que otorgaron a la asignatura los alumnos participantes en el proyecto, contrastándola estadísticamente con los resultados globales obtenidos por el conjunto de alumnos matriculados. La metodología utilizada fue, por un lado, el test de la T, contrastando las valoraciones de los alumnos adscritos al proyecto frente al conjunto total de alumnos. Por otro lado, en el caso de la valoración de la utilidad de los ejercicios de autoevaluación, se tuvo en cuenta que se trata de muestras relacionadas, donde cada observación constituye un par de datos.
- 3) Finalmente, se analizó la conveniencia de implantar este tipo de proyectos al conjunto de asignaturas del plan de estudios, en base a la opinión de los alumnos que concluyeron el proyecto.

### III. ANÁLISIS Y RESULTADOS

El análisis ha sido realizado en torno a tres ejes de trabajo:

#### A. Expectativas Iniciales y Valoraciones Finales

Las valoraciones sobre los motivos o expectativas iniciales (de cara a inscribirse en el proyecto y el grado de cumplimiento de las mismas) se testaron en una escala ordinal de 5 valores, donde los ítems Nada relevantes / Muy mal valorados se puntuaban con valor 0, los Poco relevantes / Mal valorados con valor 2,5 y, así sucesivamente, hasta aquellos Determinantes / Muy bien valorados con una puntuación de 10.

Aplicando esta escala de valores a los datos y calculando el promedio, obtendremos un índice de valoración con una escala comprendida entre 0 y 10.

Los resultados muestran (véase Tabla II) que las valoraciones finales son ligeramente superiores a las expectativas iniciales. Este hecho es debido principalmente a que los alumnos que no llegaron a concluir el proyecto presentaban en general menores expectativas. La prueba T de igualdad de medias (véase Tabla III) señala diferencias significativas en tres ámbitos, que se han mostrado claves en el desarrollo de esta actividad:

- 1) Créditos de libre configuración (con una expectativa inicial de 4,17 frente a una valoración final de 8,04).
- 2) Orientación del Equipo Docente (5,95 frente a 8,57).

TABLA II  
PERSPECTIVAS INICIALES Y VALORACIÓN FINAL (0-10)

	Encuesta	
	Encuesta inicial	Encuesta final
	Expectativas	Valoración final
Preparación, optimización y planificación tiempo	8,04	8,48
Mejora resultados	7,38	7,77
Créditos libre configuración	4,17	8,04
Orientación del Equipo Docente	5,95	8,57
Utilización nuevas técnicas de estudio y TIC	5,83	7,14
Orientaciones Mentor	5,65	6,70
Resúmenes y esquemas útiles	7,08	7,95
Utilidad de las webconferencias/chats	6,61	7,50

TABLA III  
TEST DE IGUALDAD DE MEDIAS ENTRE EXPECTATIVAS INICIALES Y VALORACIONES FINALES

	Encuesta	
	Encuesta inicial	Encuesta final
	(A)	(B)
Preparación, optimización y planificación tiempo		
Mejora resultados		
Créditos libre configuración		A
Orientación del Equipo Docente		A
Utilización nuevas técnicas de estudio y TIC		A
Orientaciones Mentor		
Resúmenes y esquemas útiles		
Utilidad de las webconferencias/chats		

Para cada par significativo, la clave de la categoría menor aparece debajo de la categoría con una media mayor.

3) Utilización nuevas técnicas de estudio y TIC (5,83 frente a 7,14).

Por otra parte, de los tres aspectos mencionados, dos de ellos, la orientación del equipo docente y los créditos de libre configuración son precisamente los aspectos mejor valorados, junto con la preparación, optimización y planificación del tiempo, aspecto que satisface las expectativas iniciales.

Los aspectos peor valorados (y con peores expectativas) son las orientaciones del mentor, debido en parte a la labor realizada por el equipo docente, que ha aumentado su valoración en 2,6 puntos respecto a sus expectativas iniciales, y la utilización de nuevas técnicas de estudio y TIC, que si bien no partía de grandes expectativas, ha aumentado la valoración en 1,3 puntos con los alumnos que han concluido el proyecto.

En definitiva, se observa un alto grado de cumplimiento de las expectativas puestas en el proyecto, donde los alumnos buscan facilitar su proceso de aprendizaje, valorando muy positivamente la atención recibida por el equipo docente de cara a la preparación de la asignatura y también la mejora de resultados con los créditos de libre configuración.

Si analizamos el perfil de los alumnos, destacar en primer lugar que de los 14 alumnos que no concluyeron el proyecto, 11 (el 78,6%) no tenían estudios universitarios. Teniendo en cuenta la edad, los alumnos que no terminaron el proyecto se concentran en los tramos de edad más bajos y más altos. En el primer caso, debido a motivaciones más propias de la edad y en el segundo a unas expectativas menores en cuanto a la utilidad de las TIC y las nuevas técnicas de estudio (véase Tabla IV).

TABLA IV  
PERFILES DE LOS ALUMNOS QUE SE INSCRIBIERON AL PROYECTO

	Alumnos que no concluyeron el proyecto		Alumnos que concluyeron el proyecto		Total	
	Recuento	% del N de la columna	Recuento	% del N de la columna	Recuento	% del N de la columna
	Bachillerato	9	64,3%	6	21,4%	15
CAU > 25 años	1	7,1%	3	10,7%	4	9,5%
CAU > 45 años	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
FP II	1	7,1%	7	25,0%	8	19,0%
Formación						
Diplomado	1	7,1%	3	10,7%	4	9,5%
Graduado	1	7,1%	0	0,0%	1	2,4%
Licenciado	1	7,1%	8	28,6%	9	21,4%
Doctor	0	0,0%	1	3,6%	1	2,4%
Total	14	100,0%	28	100,0%	42	100,0%
Tramos de edad						
Hasta 30 años	7	50,0%	7	25,0%	14	33,3%
De 31 a 40 años	2	14,3%	12	42,9%	14	33,3%
Mayor de 40 años	5	35,7%	9	32,1%	14	33,3%
Total	14	100,0%	28	100,0%	42	100,0%
Impedimentos						
Trabajo	12	85,7%	21	75,0%	33	78,6%
Familia	9	64,3%	22	78,6%	31	73,8%
Personas a su cargo	4	28,6%	10	35,7%	14	33,3%
Total	14	100,0%	28	100,0%	42	100,0%
Trabajo remunerado						
Sin trabajo remunerado	2	14,3%	6	21,4%	8	19,0%
15-30 horas semanales	3	21,4%	5	17,9%	8	19,0%
>30 horas semanales	9	64,3%	17	60,7%	26	61,9%
Total	14	100,0%	28	100,0%	42	100,0%

### B. Satisfacción Percibida por los Alumnos Participantes. Impacto en la Valoración Global de la Asignatura

La Tabla V muestra los índices de valoración medios y la dispersión en las respuestas de los 28 alumnos que han completado el proyecto. El método empleado en la elaboración sigue el mismo esquema que el enunciado en el apartado anterior, con escala 0-10.

La asignatura ha sido valorada muy positivamente en todos los aspectos analizados, destacando la utilidad de los ejercicios de autoevaluación (9,11), que han demostrado ser un instrumento muy útil para el alumno en su preparación de la asignatura. Así, a pesar de existir una diferencia positiva de 0,57 puntos respecto a la nota obtenida en el examen final, ésta no llega a ser significativa (véase Tabla VI). Por otra parte, este sesgo positivo es atribuible a la ya conocida tendencia de los alumnos a sobrevalorar su evaluación en las respuestas si esto implica el paso de un suspenso al aprobado, del aprobado al notable o del notable al sobresaliente.

Los siguientes aspectos con mayor valoración son la actividad del equipo docente atendiendo consultas y la estructura y organización del curso virtual, todos ellos con

TABLA V  
VALORACIÓN DE LA ASIGNATURA DE LOS ALUMNOS QUE HAN REALIZADO EL PROYECTO (0-10)

	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
Necesario conocimientos previos	28	7,85	1,88	0,35
Guía de estudio: clara y detallada	28	7,94	2,15	0,40
Material impreso básico: claro y detallado	28	7,76	2,29	0,43
Material complementarios curso virtual: útiles	28	7,94	2,15	0,40
Actividades de autoevaluación: útiles	28	9,10	1,39	0,26
Curso virtual: estructurado y organizado	28	8,57	2,39	0,45
Equipo Docente: responde dudas adecuadamente	28	8,75	2,40	0,45
Curso virtual: útil	28	8,03	2,18	0,41
Ayuda información para preparar la evaluación final	28	8,12	1,99	0,37
PECs ayudan para preparar la evaluación final	28	8,30	1,80	0,34
El examen permite mostrar conocimientos	28	6,96	2,99	0,56
Globalmente satisfecho/a con materiales	28	8,21	1,78	0,33
Globalmente satisfecho/a con el Equipo Docente	28	8,83	1,59	0,30
Globalmente satisfecho/a con el sistema de evaluación	28	7,23	2,48	0,46
Globalmente satisfecho/a con la formación recibida	28	8,48	1,57	0,29

TABLA VI

NOTA OBTENIDA EN EL EXAMEN Y EN LA AUTOEVALUACIÓN Y COMPARACIÓN ESTADÍSTICA DE AMBAS (PRUEBA T PARA MUESTRAS RELACIONADAS)

		Media	N	Desviación tip.	Error tip. De la media
Par 1	Nota examen	7,30	26	2,41	0,47
	Autoevaluación	7,87	26	0,77	0,15

Par 1	Nota examen - Autoevaluación	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
		-0,57	2,09	0,41	-1,42	0,27	-1,40	25	0,173

índices superiores a 8,5. Otro aspecto importante a señalar es la utilidad de la PEC de cara a la preparación de la evaluación final, con un índice de 8,3.

El aspecto donde los alumnos son algo más críticos es la evaluación, donde la valoración del examen final de cara a mostrar los conocimientos adquiridos se cifra en un 7,0.

La Tabla VII analiza la diferencia en los resultados de ambos grupos (general vs. participantes), la cual es estadísticamente significativa (negrita) en la mayor parte de los ítems analizados, y siempre favorable al grupo de participantes en el proyecto. Es decir, el desarrollo de este tipo de actividades tiene un claro impacto positivo en la valoración final que otorgan los estudiantes a la formación recibida. Así, dicha valoración se cifra en 8,48, frente a un 7,39 del total de alumnos, lo cual supone una mejora estadísticamente significativa en 1,1 puntos.

Los aspectos con mayor impacto de mejora (mayor valor t y menor p-valor) son, lógicamente, aquellos relacionados directamente con las actividades desarrolladas en el proyecto, como es la autoevaluación, el equipo docente, los materiales o el curso virtual. Así, aspectos como la adecuación del examen de cara a la evaluación, el sistema de evaluación, la necesidad de conocimientos previos o la guía de estudio no se ven afectados.

### C. Conveniencia de la Generalización de este Tipo de Proyectos en el Plan de Estudios

La acogida de este tipo de proyectos por el alumnado puede caracterizarse de muy positiva, dado que de los 28 participantes 25 opinan que debería implantarse de manera oficial en todas las asignaturas y todos ellos volverían a participar en otros proyectos como éste, donde 20 (más del 70%) lo harían en cualquier caso, aun no teniendo ninguna incidencia en la calificación o en el reconocimiento de créditos (véase Tabla VIII).

## IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La transformación del modelo pedagógico aplicado en la formación universitaria es una realidad que se sustenta tanto en el marco del proceso de Bolonia como en una demanda social<sup>3</sup>. Este proceso es mucho más complejo que aplicar las TICs a la enseñanza tradicional. Los cambios requeridos en el proceso docente son mucho más profundos e implican tanto a los estudiantes, como a los profesores e instituciones.

<sup>3</sup> La UNESCO calcula que para 2025, el número de estudiantes universitarios se incrementará en 80 millones a nivel global y para poder dar cobertura a esa demanda de formación será necesario acelerar los retos y recursos que exige la "educación digital".

TABLA VII

COMPARATIVA ENTRE EL GRADO DE SATISFACCIÓN DE LOS ALUMNOS DEL PROYECTO VS. GRADO DE SATISFACCIÓN GLOBAL DE LA ASIGNATURA

		Recuento	% del N de la columna
Volvería a participar en el Proyecto	No	0	0,0%
	Si, con incidencia positiva en la calificación	6	21,4%
	Si, con reconocimiento de créditos	2	7,1%
	Si, en cualquier caso	20	71,4%
Se debería implantar el proyecto de manera oficial a asignaturas	No	3	10,7%
	Si	25	89,3%

TABLA VIII

VALORACIÓN DE LA ASIGNATURA DE LOS ALUMNOS QUE HAN REALIZADO EL PROYECTO

	Resultado encuesta	Resultado general	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
Necesario conocimientos previos	7,86	7,34	1,44	27	0,159	0,51	-0,21	1,24
Guía de estudio: clara y detallada	7,95	7,41	1,31	27	0,199	0,53	-0,30	1,37
Material impreso básico: claro y detallado	7,77	6,84	2,60	27	<b>0,015</b>	1,12	0,23	2,01
Material complementarios curso virtual: útiles	7,95	6,95	2,44	27	<b>0,021</b>	0,99	0,15	1,83
Actividades de autoevaluación: útiles	9,11	7,47	6,20	27	<b>0,000</b>	1,63	1,09	2,17
Curso virtual: estructurado y organizado	8,57	7,08	3,29	27	<b>0,003</b>	1,49	0,56	2,42
Equipo Docente: responde dudas adecuadamente	8,75	7,70	2,31	27	<b>0,029</b>	1,05	0,11	1,98
Curso virtual: útil	8,04	7,27	1,85	27	0,075	0,76	-0,08	1,61
Ayuda información para preparar la evaluación final	8,13	7,16	2,55	27	<b>0,017</b>	0,96	0,19	1,73
PECs ayudan para preparar la evaluación final	8,30	7,80	2,06	27	<b>0,049</b>	0,70	0,00	1,40
El examen permite mostrar conocimientos	6,96	6,81	0,27	27	0,787	0,15	-1,00	1,31
Globalmente satisfecho/a con materiales	8,21	6,94	3,78	27	<b>0,001</b>	1,27	0,58	1,96
Globalmente satisfecho/a con el Equipo Docente	8,84	7,53	4,34	27	<b>0,000</b>	1,30	0,69	1,92
Globalmente satisfecho/a con el sistema de evaluación	7,23	6,88	0,75	27	0,460	0,35	-0,61	1,31
Globalmente satisfecho/a con la formación recibida	8,48	7,39	3,67	27	<b>0,001</b>	1,09	0,48	1,70

La realización de nueve proyectos de investigación sobre la materia en los últimos diez años nos ha permitido identificar, a nuestro juicio, tres estadios. Inicialmente, la percepción que los estudiantes tienen de este nuevo proceso de aprendizaje. Las ventajas que identifiquen en el nuevo modelo docente pueden influir en la motivación y posicionamiento frente al mismo. Por otra parte, el seguimiento, que hace referencia a todas las actividades y estrategias docentes aplicadas en el proceso de enseñanza. Y, finalmente, la satisfacción final de los alumnos que no solo debe cuantificarse en términos de calificación, si no de manera más amplia atendiendo al esfuerzo y aprendizaje. El último de los proyectos realizado intenta identificar aspectos clave en cada una de estas áreas que ayuden a establecer modernos modelos de enseñanza.

La percepción inicial es estudiada a través de la realización de una encuesta previa que se compara con la encuesta final. Algunos aspectos presentan significativas variaciones positivas con puntuaciones finales muy elevadas: la autoevaluación (9,1), seguimiento del profesor (8,75) o estructura y organización del curso (8,57). Esto pone de manifiesto que el estudiante, a priori, no detecta completamente las ventajas que puede obtener. Si un estudiante no identifica beneficios ante un nuevo escenario podría ser más complicado que abandone su estado de inmovilismo y se implique en el proceso de cambio. En este sentido, la implantación de estímulos a la participación parece ser una buena alternativa para animarles al cambio. De hecho, la valoración del estímulo aplicado en el proyecto (el reconocimiento de créditos) presenta una buena valoración. No obstante, a nuestro juicio, consideramos que la recompensa solo tendría sentido si, como demuestran el resto de análisis realizados, sirve para que el alumno se

implique y se adapte a la transformación docente obteniendo con ello ventajas en su proceso de aprendizaje (el 70% de los estudiantes volvería a repetir el proyecto sin estímulo adicional alguno). El premio debe ser un instrumento no un fin en sí mismo.

En el nuevo escenario toma un peso relevante el proceso de deslocalización del aula motivado por la incorporación de las TICs. Esta tendencia tiene importantes beneficios para los estudiantes, pero paralelamente presenta algunos riesgos. Desde la UNED (universidad paradigmática en la aplicación del blended learning para el aprendizaje continuo a través de un amplio catálogo de herramientas innovadoras) observamos que en muchas ocasiones el estudiante no organiza adecuadamente sus tiempos, obteniendo con ellos malos resultados y desmotivación. Este aspecto se enfatiza en el segundo estadio: el seguimiento. Se observa como los estudiantes valoran especialmente el seguimiento por parte de los profesores articulado en un cronograma de actividades. Esto permite ajustar y gestionar los tiempos de su proceso de aprendizaje. Así, el seguimiento del profesor y la estructura y organización del curso (cuestiones que ya hemos mencionado), combinados con un curso virtual útil (8,03), ayuda a la preparación final (8,12), guía de estudio y planificación (7,94), y materiales complementarios (7,94), se han destacado como variables determinantes por los estudiantes para el seguimiento y preparación de las asignaturas. Analizados los resultados, a nuestro juicio, se puede afirmar que los estudiantes abandonan la idea de la clase magistral por otra que supone una mayor autogestión controlada y con apoyo constante de los profesores.

En este proceso de aprendizaje continuo es especialmente destacable la valoración de las pruebas de autoevaluación. Si bien todos los estudiantes de las asignaturas disponían de ejercicios de autoevaluación al final de cada tema y de dos Pruebas de Evaluación Continua (PEC), los participantes del proyecto disponían, adicionalmente a las comunes, de una prueba tras cada tema y que estaba planificada temporalmente. Este aspecto ha sido el mejor valorado de toda el área de seguimiento.

Si analizamos la valoración global sobre los profesores, formación y materiales (con valores de t elevados y p-valores bajos), podemos concluir que estadísticamente el nivel de satisfacción ha alcanzado unos estándares elevados. A nuestro parecer, este tercer estadio podría dividirse en dos pilares: la calificación obtenida (con una nota media de 7,3, superior a la del curso); y el nivel de implicación, esfuerzo y aprendizaje que los propios estudiantes reconocen, y que se evidencia en las valoraciones realizadas y comentadas en los párrafos previos, unido al hecho de que reconocen haber aprendido más que lo demostrado en sus calificaciones (con una puntuación de 7).

A la vista de los resultados obtenidos en este proyecto podría encontrarse una relación entre nivel de satisfacción y nivel de abandono. Un indicador avanzado de los posibles abandonos es el porcentaje de estudiantes que declinan presentarse a la prueba final desmotivados ante la imposibilidad de aprobar. En este sentido, los datos ponen de manifiesto que el 92,9% de los participantes se presentaron al examen frente al 54,7% de los matriculados en las asignaturas. Por otra parte, parecería lógico pensar que un estudiante que cree haber aprendido y estar

preparado estará más motivado y menos dispuesto a abandonar, aunque los resultados finales no sean los deseados (pues lo volverá a intentar). Podríamos establecer una relación entre el modelo docente propuesto y la motivación del estudiante. Los datos indican que el total de participantes que concluyeron el proyecto volverían a participar y que el 90% de ellos consideran que debería hacerse extensible el modelo propuesto al resto de asignaturas de la carrera.

No obstante, un tercio de los participantes del proyecto no culminaron el mismo. Las motivaciones fueron variadas y, al no continuar, no tenemos datos fiables que nos permitan establecer conclusiones. Si bien, en base a la encuesta inicial observamos dos posibles factores: el nivel de preparación media, pues el 78,9% de ellos no tenía carrera. Y aunque tener carrera previa no puede ser tomado como una referencia, podría mostrarnos que cuanto mayor es la dificultad que encuentran mayor será el abandono; por lo que debemos tener más presente el seguimiento continuado para que no se sientan perdidos. Y, por otra parte, el rango de edad, siendo más habitual en los jóvenes (más tendentes a la dispersión y no al trabajo continuado) y en los más adultos, con menos competencias tecnológicas.

Finalmente, señalar que aun cuando estos datos están referidos a dos asignaturas concretas, al analizar factores generales (y no procedimientos técnicos) podría ser extrapolable a otras áreas, o, al menos, ser una referencia a la hora de establecer modelos docentes atendiendo a aspectos significativos en el ámbito de la enseñanza semipresencial. En cualquier caso, este estudio no es finalista, sino que abre una línea de investigación más amplia, en la que además de afianzar aquellos aspectos que han resultado importantes, testándolos en diferentes grupos (estímulo, seguimiento docente, actividades grabadas y tutorías online en directo, pruebas de autoevaluación dirigidas y cronológicamente organizadas, etc.), de forma paralela debería complementarse con otras tecnologías y metodologías más modernas para comprobar su atractivo y potencial. En este sentido, convendría adentrarnos en herramientas de pensamiento visual (Visual Thinking), que ayuden a reducir tiempos de estudio y mejorar el rendimiento, así como combinarlo con el uso de redes sociales y aplicaciones móviles que tanto arraigo tienen en el ámbito social. Esto permitirá una mayor implicación, motivación en el uso y generalización del proceso de aprendizaje en el día a día.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es resultado del desarrollo del Proyecto de Innovación Docente “Enriquecimiento Metodológico y Aprendizaje Colaborativo en Finanzas”, promovido por la UNED. Del mismo modo, los autores pertenecen al Grupo de Investigación oficialmente reconocido como “Grupo de Innovación Docente en Finanzas” (FINNOVAR).

## REFERENCIAS:

- [1] L. Johnson, S. Adams and M. Cummins, "NMC Horizon Report: 2012 Higher Education Edition," *New Media Consortium*, Austin, Texas, 2013.
- [2] L. Johnson, S. Adams, M. Cummins, V. Estrada, A. Freeman and C. Hall, "NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition," *New Media Consortium*, Austin, Texas, 2016.
- [3] M.G. Moreno, "Investigación e innovación educativa," *Revista La Tarea*, no. 7, pp. 21-25, 1995.
- [4] J. Morin and R. Seurat, *Gestión de los recursos tecnológicos*. Madrid: COTEC, 1998.
- [5] OECD and Eurostat, "Oslo Manual - Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data," *OECD Publications*, Paris, 2005.
- [6] J.S. Renzulli, "The Three-Ring Conception of Giftedness: Its Implications for Understanding the Nature of Innovation," in *The international handbook on innovation*, L. Shavinina, Ed. Amsterdam, Boston: Elsevier Science, 2003, pp. 79-96.
- [7] R. Smits, "Innovation studies in the 21st century: Questions from a user's perspective," *Technological Forecasting & Social Change*, no. 69, pp. 861-883, 2002.
- [8] L. Shavinina, "How to develop innovators? Innovation education for the gifted," *Gifted Education International*, vol. 29, no. 1, pp. 54-68, 2012.
- [9] C. Redecker, M. Leis, M. Leendertse, Y. Punie, G. Gijsbers, P. Kirschner and B. Hoogveld, "The Future of Learning: Preparing for Change," *Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies*, European Commission, 2011.
- [10] M. Fullan, *All systems go: the change imperative for whole system reform*. California: Corwin, 2010.
- [11] B. Levin, *How to Change 5000 Schools: A Practical and Positive Approach for Leading Change at Every Level*. Cambridge, MA: Harvard Education Press, 2008.
- [12] H. Shapiro, J.H. Haahr, I. Bayer and P. Boekholt, "Background Paper on Innovation and Education," *DG Education & Culture in the context of a planned Green Paper on innovation*, European Commission, 2007.
- [13] S. Píriz, *UNIVERSITIC 2015. Análisis de las TIC en las Universidades Españolas*. Madrid: CRUE Universidades Españolas, 2015.
- [14] P. Kampylis, S. Bocconi and Y. Punie, "Towards a mapping framework of ICT-enabled innovation for learning". *JRC Scientific and Policy Reports*, European Commission, 2012.
- [15] B.N. Brečko, P. Kampylis and Y. Punie, "Mainstreaming ICT-enabled Innovation in Education and Training in Europe". *JRC Scientific and Policy Reports*, European Commission, 2014.
- [16] A. López, "Proyectos de innovación para integrar las TIC en la formación inicial docente," *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, no. 44, pp. 157-168, 2014.
- [17] A. López, *La Integración Curricular de las TIC en la Enseñanza de los Estudiantes Universitarios. Educación, Movilidad Virtual y Sociedad del Conocimiento*. Granada: Nativola, 2009.
- [18] Ordoñez, R., & López, A. (2008). El uso de la plataforma WebCT en la formación de estudiantes. La igualdad de oportunidades en el Mundo Digital. Cartagena: Universidad de Murcia.
- [19] M. Area, "¿Qué aporta Internet al cambio pedagógico en la educación superior?," in *Redes multimedia y diseños virtuales*, R. Pérez, Ed. Oviedo: Universidad de Oviedo, 2000, pp.128-135.
- [20] V. Ausín, V. Abella, V. Delgado and D. Hortigüela, "Aprendizaje Basado en Proyectos a través de las TIC. Una Experiencia de Innovación Docente desde las Aulas Universitarias," *Form. Univ.*, vol. 9, no. 3, pp. 31-38, 2016.
- [21] C. Rivero, A. Chávez, A. Vásquez and S. Blumen, "Las TIC en la formación universitaria. Logros y desafíos para la formación en psicología y educación," *Revista de Psicología*, vol. 34, no. 1, pp. 185-199, 2016.
- [22] F. Pedro, "Transforming On-campus Education: promise and peril of information technology in traditional universities," *European Journal of Education*, vol. 36, no. 2, pp. 175-187, 2001.
- [23] E.L. Marín, "Evaluación de estrategias docentes universitarias: una aplicación práctica del control estadístico de procesos en estudios de empresas," Ph.D. dissertation, Universidad de Huelva, 2016.
- [24] V. Gámiz and M.J. Gallego, "Modelo de análisis de metodologías didácticas semipresenciales en Educación Superior," *Educación XXI*, vol. 19, no. 1, pp. 39-61, 2016.
- [25] M. Morales, J.M. Trujillo and F. Raso, "Percepción del profesorado y alumnado universitario ante las posibilidades que ofrecen las TIC en su integración en el proceso educativo: reflexiones, experiencias e investigación en la Facultad de educación de Granada," *Revista de Educación Mediática y TIC (EDMETIC)*, vol. 5, no. 1, pp. 113-142, 2016.
- [26] M. Ramírez and G. Maldonado, "El uso de TIC y la percepción del profesor universitario," *International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, no. 5, pp. 195- 208, 2016.
- [27] A. Sanabria and C.M. Hernández, "Percepción de los estudiantes y profesores sobre el uso de las TIC en los procesos de cambio e innovación en la enseñanza superior," *Aloma*, no. 29, pp. 273-290, 2011.
- [28] D. Quinn, Y. Amer, A. Lonie, K. Blackmore, L. Thompson and M. Pettigrove, "Leading change: Applying change management approaches to engage students in blended learning," *Australasian Journal of Education al Technology*, vol. 28, no. 1, pp. 16-29, 2012.
- [29] E. Domínguez, "Las TIC como apoyo al desarrollo de los procesos de pensamiento y la construcción activa de conocimientos," *Zona Próxima*, no. 10, pp. 146-155, 2009.
- [30] D.H. Lim, M.L. Morris and V.W. Kupritz, "Online vs. blended learning: differences in instructional outcomes and learner satisfaction," *Journal of Asynchronous Learning Networks*, vol. 11, no. 2, pp. 27-42, 2007.
- [31] M.A. Santos, "Corazones, no solo cabezas en la universidad. Los sentimientos de los estudiantes ante la evaluación," *Revista de Docencia Universitaria*, vol. 13, no. 2, pp. 125-142, 2015.
- [32] L.L. Marshall, G. Valdosta and A.W. Varnon, "An empirical investigation of clicker technology in Financial Accounting Principles," *Learning in Higher Education*, vol. 8, no. 1, pp. 7-17, 2012.
- [33] A. Ruiz, C. Ceballos, J.A. García and M.E. Chávez, "Una experiencia de evaluación continua en un entorno masificado," in *Nuevas enseñanzas de grado en la Escuela Universitaria de Estudios Empresariales de la Universidad de Sevilla*, J.L. Jiménez and A. Rodríguez, Eds. Sevilla: Grupo Editorial Universitario, 2010, pp. 279-294.
- [34] D. Larson and S. Chung-Hsien, "Comparing student performance: online versus blended versus face-to-face," *Journal of Asynchronous Learning Networks*, vol. 13, no. 1, pp. 31-42, 2009.
- [35] D.K. Agrawal and Q.M. Khan, "A quantitative assessment of classroom teaching and learning in engineering education," *European Journal of Engineering Education*, vol. 33, no. 1, pp. 85-103, 2008.
- [36] C. Rodrigo, "Proyectos de innovación en entornos B-Learning masivos: la experiencia de la UNED," *RUIDERAe: Revista de Unidades de Información*, no. 5, 2014. Available: <https://revista.uclm.es/index.php/ruiderae/article/view/516>.
- [37] F. García, A. Sánchez-Elvira, C. De Santiago, E. Luque and M. Santamaría, "Agentes, procesos y entornos en la adaptación al EEES en una Universidad blended-learning: el caso de la UNED," *REDU - Revista de Docencia Universitaria*, vol. 9, no. 1, pp. 175-213 2011.
- [38] N. Manzano, A. Martín, M. Sánchez, A. Rísquez and M. Suárez, "El rol del mentor en un proceso de mentoría universitaria". *Educación XXI*, vol. 15, no. 2, 2012.

**Raquel Arguedas Sanz** es Profesora Titular de Economía Financiera en la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales por la UNED. Premio Extraordinario de Doctorado y Premio Víctor Mendoza 2010, del Instituto de Estudios Económicos. Obtuvo en 2003 la certificación Financial Risk Manager™ (FRM) de la Global Association of Risk Professionals. Coautora del libro *Innovación Docente en Finanzas*, ha escrito numerosos artículos sobre este tema y ha presentado más de 30 comunicaciones en congresos del área. Ha participado en diferentes proyectos de innovación docente, uno de los cuales fue premiado por el Consejo Económico y Social de la UNED. Miembro del Grupo de Innovación oficialmente reconocido como “Grupo de Innovación Docente en Finanzas”.

**Juan Antonio Vicente** es Diplomado en Estadística e Investigación Operativas por la Universidad de Valladolid y, posteriormente, Licenciado en Ciencias y Técnicas Estadísticas por la Universidad Carlos III. Se doctoró en CC. Empresariales por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Actualmente es Profesor Contratado Doctor en el Departamento de Economía Aplicada y Estadística de la Facultad de CC. Ha participado y dirigido numerosos proyectos de investigación relacionados con el tratamiento estadístico de datos. También, es miembro del grupo de investigación oficialmente reconocido como “Grupo de Innovación Docente en Finanzas” (FINNOVAR), que está en el origen del actual artículo. Fuera del ámbito universitario ha ejercido de técnico responsable del área de cuentas económicas de instituto de estadística de la Comunidad de Madrid y técnico de la sección de estadísticas económicas, área de estadística de la Junta de Castilla y León.

**Rodrigo Martín** es Licenciado en Administración y Dirección de Empresas por el CUNEF (UCM) y Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales por la UNED. Profesor Contratado Doctor en el Departamento de Economía de la Empresa de la Facultad de CC. Económicas y Empresariales de la UNED. Entre 2008 y 2012, Vicerrector Adjunto de Coordinación de Centros Asociados de la UNED. Actualmente, Director Adjunto de Innovación y Material Didáctico del IUED. Áreas centrales de investigación y publicación: finanzas, estrategia empresarial, innovación educativa y tecnologías aplicadas a la educación superior. Es miembro del “Grupo de Innovación Docente en Finanzas” (FINNOVAR).

**Julio González** es Licenciado en Administración y Dirección de Empresas por la Complutense, Doctor en CC. Empresariales por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) y Master MBA por la Universidad Pontificia Comillas de Madrid (ICADE). Igualmente, obtuvo el Curso de Aptitud Pedagógica (CAP) por la Universidad de Castilla la Mancha. Actualmente es Profesor Contratado Doctor en el Departamento de Economía de la Empresa de la Facultad de CC. Económicas y Empresariales de la UNED.

Ha escrito numerosos artículos sobre temas de innovación docente, así como presentado más de 30 comunicaciones en congresos del área. Es coautor del libro *Innovación Docente en Finanzas*, y ha participado en diferentes proyectos de innovación docente, uno de ellos premiado por el Consejo Económico y Social de la UNED. También, es miembro del grupo de investigación oficialmente reconocido como “Grupo de Innovación Docente en Finanzas” (FINNOVAR), que está en el origen del actual artículo.

**VAEP-RITA** es una publicación de la Sociedad de Educación del IEEE, gestionada por su Capítulo Español y apoyada por la Universidade de Vigo, España.

**VAEP-RITA** é uma publicação da Sociedade de Educação do IEEE, gerida pelo Capítulo Espanhol e apoiada pela Universidade de Vigo, España.

**VAEP-RITA** is a publication of the IEEE Education Society, managed by its Spanish Chapter, and supported by the Universidade de Vigo, Spain.