

MEMORIA FINAL¹

Compromisos y Resultados

Proyectos de Innovación y Mejora Docente

2022/2023

Identificación del proyecto	
Código	sol-202200229853-tra
Título	Gamificando los procesos de enseñanza-aprendizaje de Seguridad en los Sistemas Informáticos, Seguridad en Sistemas Distribuidos y Análisis y Gestión de Riesgos
Responsable	Juan Boubeta Puig

1. Describa los resultados obtenidos a la luz de los objetivos y compromisos que adquirió en la solicitud de su proyecto. Incluya tantas tablas como objetivos contempló.

Objetivo nº 1	Crear actividades de evaluación y autoevaluación para los contenidos teóricos y prácticos de las asignaturas en la plataforma Moodle
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<ul style="list-style-type: none"> - Estudiar, analizar y evaluar herramientas y plataformas de gamificación existentes que puedan ser integradas con Moodle. - Diseñar actividades de evaluación y autoevaluación para las asignaturas, haciendo uso tanto de las nuevas herramientas analizadas y evaluadas, así como las herramientas proporcionadas por Moodle: cuestionarios, consultas, actividades Hot Potatoes, juegos (quieres ser millonario, sopa de letras, ahorcado, etc.). - Gestionar insignias en Moodle para las actividades de autoevaluación y otorgarlas automáticamente a los estudiantes para reconocer su trabajo. Este enfoque, derivado de la gamificación, motivará al estudiante: (a) a la propia realización de las actividades y (b) a incentivar la autosuperación personal que redundará en la adquisición de mayores conocimientos. - Gestionar también insignias en Moodle para las actividades de evaluación. Estas se sumarán a las que hayan conseguido los estudiantes en su propia autoevaluación.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<p>Las dos primeras actividades previstas en este primer objetivo se han realizado satisfactoriamente: estudiar, analizar y evaluar herramientas y plataformas de gamificación existentes que puedan ser integradas con Moodle, así como diseñar actividades de evaluación y autoevaluación.</p> <p>Sin embargo, no ha sido posible llevar a cabo las actividades tercera y cuarta sobre la gestión de insignias en Moodle debido a que durante el curso 2022-2023 el Campus Virtual de la UCA decidió desactivar la gestión de insignias por problemas de seguridad en la plataforma (así lo notificaron a través del CAU donde se solicitó información sobre esta incidencia). Por tanto, cabe destacar que se tratan de causas sobrevenidas y externas a la propuesta de este Proyecto de Innovación Docente (PID). En cualquier caso, para paliar esta situación, aunque</p>

¹ Esta memoria no debe superar las 6 páginas.

no se usaron las insignias de Moodle, sí que se contabilizaron manualmente todas las actividades de evaluación y autoevaluación superadas por cada estudiante.

La primera actividad fue llevada a cabo principalmente por el becario contratado con cargo a este PID con el apoyo del responsable del proyecto: **estudiar, analizar y evaluar herramientas y plataformas de gamificación** existentes que puedan ser integradas con Moodle. Estas herramientas se clasificaron como internas y externas. Las internas son aquellas que pueden ser integradas directamente y están soportadas por Moodle, mientras que las externas son aquellas que deben ejecutarse fuera de Moodle y, por tanto, suelen requerir de cuentas de usuario externas a la UCA tanto al estudiantado como al profesorado. Por ese motivo, nos centramos en las herramientas internas.

La segunda actividad, realizada tanto por el becario contratado como por todo el profesorado implicado en este PID, consistió en la **creación de actividades de evaluación y autoevaluación** para la asignatura Seguridad en los Sistemas Informáticos (SSI) del Grado en Ingeniería Informática, así como para las asignaturas Seguridad en Sistemas Distribuidos (SSD) y Auditoría y Análisis de Riesgos (AAR) del Máster en Seguridad Informática (Ciberseguridad).

Concretamente, de todas las plataformas y herramientas analizadas previamente, finalmente nos decantamos por hacer uso de las herramientas proporcionadas por Moodle (cuestionarios, consultas, quieres ser millonario, sopa de letras, ahorcado, Sudoku, etc.) y de la herramienta Hot Potatoes (<https://hotpot.uvic.ca/>), al igual que en cursos anteriores. Como novedad en este PID, hemos usado H5P (<https://h5p.org/>), una herramienta de creación de actividades interactivas que funciona sobre HTML5. De hecho, pudimos comprobar que el Campus Virtual de la UCA ya incorpora la posibilidad de integrar algunos tipos de actividades H5P y H5P interactivo como:

- *Interactive video*: vídeo que contiene paradas o elementos *pop-up* con enlaces, preguntas, imágenes y actividades.
- *Multiple choice*: presenta preguntas con múltiples respuestas; puede haber más de una correcta.
- *Fill in the blanks*: proporciona frases con huecos en blancos que deben ser rellenados con una o más de una palabra, e incluso variaciones de una misma palabra.
- *Drag the words*: facilita el arrastre de unas palabras dadas hacia el texto para así completarlo; útil para relacionar palabras con sus definiciones.
- *Drag and drop*: facilita el arrastre de palabras con sus correspondientes imágenes.
- *Single choice set*: preguntas con una sola respuesta correcta.
- *True/false questions*: conjunto de preguntas de verdadero o falso.
- *Mark the words*: consiste en señalar en un texto las palabras que cumplan una determinada característica, e.g., tipos de sustantivos o números.
- *Summary*: debe elegirse la opción correcta entre varias dadas, para crear resúmenes o para reforzar la comprensión sobre lo que se ha leído en un texto o visualizado a través de un vídeo.

Estas actividades de autoevaluación se proporcionaron a los estudiantes semanalmente y tras la finalización de la sesión de aprendizaje correspondiente. Cada actividad se centraba en un tema específico y se limitaba a tres intentos. Se seleccionaron diferentes tipos de actividades en semanas consecutivas, para no

	<p>repetir el mismo tipo de actividad. Hubo una gran motivación de los estudiantes para completar dichas actividades y adquirir conocimientos más rápidamente.</p> <p>Una explicación más detallada de estas actividades realizadas se encuentra en el artículo aceptado en un congreso internacional (adjunto a esta memoria): J. Boubeta-Puig, K.J. Valle-Gómez, J. Rosa-Bilbao, A. Muñoz, G. Ortiz, «Gamifying Teaching-Learning Processes: A Study on Security in Computer Systems, Security in Distributed Systems, and Risk Analysis and Management Courses», en 16th annual International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI 2023), 2023, aceptado, pendiente de publicación.</p> <p>Además, el becario contratado se encargó de crear una guía de usuario, instalación y desarrollo de dichas actividades desarrolladas, así como de mantener reuniones de seguimiento con el profesorado implicado en este proyecto.</p>
--	--

Objetivo nº 2	Analizar los resultados obtenidos tras la realización de las actividades de evaluación y autoevaluación para los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar las calificaciones obtenidas por los estudiantes en las actividades de evaluación a través de Moodle. - Analizar las insignias obtenidas por los estudiantes en las actividades de evaluación y autoevaluación a través de Moodle.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<p>En este segundo objetivo se ha realizado satisfactoriamente la primera actividad de análisis de las calificaciones obtenidas por los estudiantes de las actividades de evaluación. Dado que la segunda actividad no pudo ser llevada a cabo tal cual fue definida, por el mismo motivo mencionado anteriormente en el objetivo 1 (el Campus Virtual de la UCA desactivó sin previo aviso la gestión de insignias), lo que se hizo fue analizar manualmente y contabilizar todas las calificaciones obtenidas también en las actividades de autoevaluación.</p> <p>Cada parte (teórica/práctica) de cada una de las asignaturas implicadas en este PID podía tener actividades de evaluación (calificada por el profesor) así como actividades de autoevaluación (calificadas automáticamente por la plataforma Moodle). Cada actividad fue evaluada con una puntuación comprendida entre 1 y 10 puntos.</p> <p>Por motivos de espacio, no es posible detallar los resultados obtenidos. Esta información se encuentra en el artículo aceptado en el congreso internacional ICERI 2023.</p>

Objetivo nº 3	Realizar una encuesta de satisfacción a los estudiantes sobre las actividades de evaluación y autoevaluación llevadas a cabo, y extraer conclusiones
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<p>Realizar un cuestionario de satisfacción a los estudiantes en Moodle y extraer conclusiones sobre aspectos como los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grado de utilidad de las actividades de autoevaluación. - Grado de dificultad de las actividades de evaluación. - Grado de similitud de las actividades de autoevaluación con las actividades de evaluación. - Aspectos de la parte de teoría o práctica que podrían mejorarse en la asignatura. - Aspectos de la parte de teoría o práctica que podrían mantenerse en la asignatura. - Aspectos de la parte de teoría o práctica que podrían eliminarse en la asignatura.

Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<p>La actividad prevista en este tercer objetivo ha sido realizada satisfactoriamente. Tras la finalización del curso se realizó un cuestionario anónimo de 13 preguntas con una escala Likert de 5 puntos (1 = totalmente en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo) tanto a los estudiantes de la asignatura SSI del Grado en Ingeniería Informática como de AAR y SSD del Máster en Seguridad Informática.</p> <p>Por motivos de espacio, no es posible detallar las 13 preguntas y la discusión de los resultados obtenidos. Esta información se encuentra en el artículo aceptado en el congreso internacional ICERI 2023. Es importante destacar que en este artículo se ha hecho una interesante comparativa de los resultados obtenidos durante los cursos 2020-2021, 2021-2022 y 2022-2023 para la asignatura SSI, los cursos 2021-2022 y 2022-2023 para la asignatura AAR, y finalmente solo el curso 2022-2023 para la asignatura SSD dado que en esta asignatura era la primera vez que se aplicaba este tipo de experiencia docente gamificada.</p>
--	---

2. Realice una breve valoración sobre la influencia del proyecto ejecutado en la evolución de las asignaturas implicadas.

Análisis del impacto de la innovación en las asignaturas relacionadas con el proyecto

Respecto a la asignatura SSI, el 58,33% de los estudiantes completaron todas las actividades de autoevaluación propuestas en 2022-2023, mientras que el 91,67% de los estudiantes las completaron en 2021-2022 y el 43,90% en 2020-2021. Por tanto, la participación de los estudiantes en este tipo de actividades de autoevaluación ha disminuido en el último año, probablemente porque la versión de Moodle de la UCA en 2022-2023, como ya se ha comentado, no permite definir estrategias de gamificación para las actividades de autoevaluación. Así pues, ya no es posible premiar a los estudiantes con medallas cuando satisfacen los criterios establecidos. Alrededor del 75% de los estudiantes respondieron que las actividades de autoevaluación les permitieron reforzar sus conocimientos del curso en 2022-2023 y 2020-2021, mientras que alrededor del 87% de ellos durante 2021-2022. Además, estas actividades no resultaron difíciles para alrededor del 45 % de los estudiantes en 2022-2023, frente al 58 % y el 51 % de los estudiantes en 2021-2022 y 2020-2021, respectivamente.

Durante 2022-2023, el 67% de los encuestados consideró que el número máximo de intentos (3) para completar las actividades de autoevaluación era suficiente, mientras que en cursos anteriores lo consideraron así el 75% y el 51%, respectivamente.

En cuanto a las actividades de evaluación, estas permitieron a la mayoría de los estudiantes (88%) reforzar sus conocimientos de la asignatura en 2022-2023, mientras que el 93% y el 88% en 2021-2022 y 2020-2021, respectivamente. Además, estas actividades tuvieron en 2022-2023 un nivel de dificultad bajo para el 50% de los estudiantes.

La mitad de los encuestados no consideró difíciles los exámenes en 2021-2022, mientras que el 63% de ellos no los consideró difíciles en 2022-2023. **La utilidad de las actividades desarrolladas en este PID podría justificar este nivel de mayor facilidad de los exámenes.** Cabe mencionar que **alrededor del 79% de los encuestados afirmaron que este tipo de actividades gamificadas deberían proponerse en esta y otras asignaturas en los próximos años académicos.**

Respecto a la asignatura AAR, observamos que los estudiantes de 2022-2023 tenían menos confianza en su capacidad para comprender el contenido de la asignatura con respecto a los estudiantes de 2021-2022. Esto puede influir negativamente en la percepción de las actividades de autoevaluación, ya que pueden percibir las como más difíciles al no recibir orientación. De hecho, nótese que el 100% de los encuestados en 2021-2022 consideraron que las actividades de autoevaluación les permitieron reforzar sus conocimientos sobre la asignatura, mientras que solo el

66% de ellos mencionaron que las actividades de evaluación les permitieron reforzar sus conocimientos sobre la asignatura, frente al 71% y el 86% en 2022-2023, respectivamente. Esto significa que los estudiantes han considerado más útiles las actividades de evaluación que las de autoevaluación en el presente curso académico.

Además, **el 71% de los estudiantes confirma que este tipo de actividades gamificadas deberían seguir proponiéndose en esta y otras asignaturas.** Sin embargo, los alumnos de 2022-2023 no están 100% de acuerdo en continuar con este tipo de actividades, como sí ocurrió en 2021-2022. De nuevo, su menor autopercepción en su capacidad de comprensión de los contenidos puede influir en este resultado. Por último, comparando los resultados obtenidos entre 2021-2022 y 2022-2023, se observa que cuanto mayor es la asistencia regular a clase, menos dificultades tienen los estudiantes con las actividades de evaluación.

Respecto a la asignatura SSD, solo el 25 % de los encuestados consideró que las actividades de autoevaluación les permitieron reforzar sus conocimientos sobre la asignatura, mientras que el 100 % de ellos mencionó que las actividades de evaluación les permitieron reforzar sus conocimientos sobre la asignatura. Así pues, los estudiantes han considerado más útiles las actividades de evaluación que las de autoevaluación en el presente curso académico. Además, **el 50 % de los estudiantes confirmaron que este tipo de actividades gamificadas deberían seguir proponiéndose en esta y otras asignaturas.**

Por otra parte, las respuestas sobre la dificultad de las actividades de autoevaluación en la asignatura SSD son muy dispares, por lo que no podremos hacernos una idea clara de la dificultad de las actividades hasta que no se apliquen estas actividades gamificadas en cursos académicos posteriores. En general, el nivel de satisfacción de los estudiantes con este PID en esta asignatura es menor que en las otras implicadas en este proyecto. Esto podría deberse a que estos estudiantes tuvieron mucho menos tiempo para realizar las actividades que en las otras asignaturas, ya que la asignatura SSD se imparte en 2 semanas, mientras que las otras dos se imparten a lo largo de un semestre.

- Incluya en la siguiente tabla el número de alumnos matriculados y el de respuestas recibidas en cada opción y realice una valoración crítica sobre la influencia que el proyecto ha ejercido en la opinión de los alumnos.

Opinión de los alumnos al inicio del proyecto				
Número de alumnos matriculados: 86 (asignatura SSI), 11 (asig. AAR) y 11 (asig. SSD)				
<i>Valoración del grado de dificultad que cree que va a tener en la comprensión de los contenidos y/o en la adquisición de competencias asociadas a la asignatura en la que se enmarca el proyecto de innovación docente</i>				
Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad media	Bastante dificultad	Mucha dificultad
SSI: 8.33 % AAR: 0 % SSD: 25 %	SSI: 29.17 % AAR: 28.57 % SSD: 0 %	SSI: 54.17 % AAR: 42.86 % SSD: 25 %	SSI: 8.33 % AAR: 14.29 % SSD: 25 %	SSI: 0 % AAR: 14.29 % SSD: 25 %
Opinión de los alumnos en la etapa final del proyecto				
<i>Valoración del grado de dificultad que ha tenido en la comprensión de los contenidos y/o en la adquisición de competencias asociadas a la asignatura en la que se enmarca el proyecto de innovación docente</i>				
Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad media	Bastante dificultad	Mucha dificultad
SSI: 29.17 % AAR: 28.57 % SSD: 25 %	SSI: 54.17 % AAR: 71.43 % SSD: 75 %	SSI: 4.17 % AAR: 0 % SSD: 0 %	SSI: 8.33 % AAR: 0 % SSD: 0 %	SSI: 4.17 % AAR: 0 % SSD: 0 %

<i>Los elementos de innovación y mejora docente aplicados en esta asignatura han favorecido mi comprensión de los contenidos y/o la adquisición de competencias asociadas a la asignatura</i>				
Nada de acuerdo	Poco de acuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	Muy de acuerdo	Completamente de acuerdo
SSI: 0 % AAR: 0 % SSD: 0 %	SSI: 4.17 % AAR: 14.29 % SSD: 0 %	SSI: 20.83 % AAR: 14.29 % SSD: 75 %	SSI: 33.33 % AAR: 42.86 % SSD: 0 %	SSI: 41.67 % AAR: 28.57 % SSD: 25 %
Valoración crítica sobre la influencia que ha ejercido el proyecto en la opinión de los alumnos				
Este PID ha impactado significativamente en el estudiantado , especialmente de las asignaturas SSI y AAR, como demuestran los resultados recogidos en el artículo adjunto, aceptado para su publicación en el congreso internacional ICERI 2023.				

4. Describa las medidas de difusión a las que se comprometió en la solicitud y las que ha llevado a cabo².

Descripción de las medidas comprometidas en la solicitud
<p>Realizar una charla/taller en la Escuela Superior de Ingeniería para presentar la experiencia y las conclusiones de este PID. Concretamente, una charla con el siguiente contenido:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción y motivación del proyecto 2. Metodología 3. Resultados 4. Lecciones aprendidas 5. Conclusiones <p>El evento se realizará en septiembre de 2023, y se proporcionará una grabación de la charla en acceso en abierto.</p>
Descripción de las medidas que se han llevado a cabo
<p>El 28 de septiembre de 2023, a las 10.00 h., en el seminario FS15 de la Escuela Superior de Ingeniería de la UCA se impartió un seminario sobre los resultados de este PID. Este seminario fue grabado para su retransmisión en abierto, que se encuentra disponible para su descarga en: https://drive.google.com/file/d/18qTk6xSW9D9RAL0qUuCB-dAbDtitdPY4/view?usp=sharing</p> <p>El programa de la presentación fue el planificado: 1) Introducción y motivación del proyecto, 2) Metodología, 3) Resultados, 4) Lecciones aprendidas, 5) Conclusiones y trabajo futuro, y 6) Agradecimientos.</p> <p>Aunque no estaba contemplado en la solicitud del proyecto, se han publicado los resultados en el congreso de innovación docente internacional ICERI 2023 (véase artículo adjunto):</p> <p>J. Boubeta-Puig, K.J. Valle-Gómez, J. Rosa-Bilbao, A. Muñoz, G. Ortiz, «Gamifying Teaching-Learning Processes: A Study on Security in Computer Systems, Security in Distributed Systems, and Risk Analysis and Management Courses», en 16th annual International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI 2023), 2023, aceptado, pendiente de publicación.</p>

² Si en la solicitud no indicó compromiso de difusión de resultados este criterio no se tendrá en cuenta en la evaluación

GAMIFYING TEACHING-LEARNING PROCESSES: A STUDY ON SECURITY IN COMPUTER SYSTEMS, SECURITY IN DISTRIBUTED SYSTEMS, AND RISK ANALYSIS AND MANAGEMENT COURSES

J. Boubeta-Puig, K.J. Valle-Gómez, J. Rosa-Bilbao, A. Muñoz, G. Ortiz

University of Cadiz (SPAIN)

Abstract

Building on prior successes and challenges from teaching innovation projects in the Security in Computer Systems (SCS) and Risk Analysis and Management (RAM) courses during the academic years 2020-2021 and 2021-2022 at the University of Cadiz, Spain, this paper introduces a gamification-driven project for the academic year 2022-2023, extending it to the Security in Distributed Systems (SDS) course. The project leverages Information and Communication Technologies, particularly the Moodle platform and tools like H5P, to design gamified activities for assessment and self-assessment on the three courses. Methodologically, a set of games ranging from crosswords to Sudoku were integrated to engage students and augment their learning experience. Feedback from students, collected via anonymous questionnaires, revealed that gamified activities enhanced a deeper understanding of the concepts and terms involved in the courses. A notable finding was the demand for gamified activities across other courses, highlighting the project's potential for broader application.

Keywords: e-learning, gamification, Moodle, H5P, cybersecurity.

1 INTRODUCTION

During the academic years 2020-2021 and 2021-2022, we worked on two teaching innovation projects [1], [2] of the University of Cadiz (UCA), Spain, in which we proposed the creation of new digital teaching materials and methods to improve the teaching-learning processes of two courses, namely the Security in Computer Systems (SCS) course [3] of the Bachelor's Degree in Computer Science and Engineering, and the Risk Analysis and Management (RAM) course [4] of the Master's Degree in Cybersecurity. In general, the results were clearly favorable in the SCS course during the two academic years. However, the master's students in the RAM course were more reluctant to carry out this type of activities proposed in the teaching innovation project for the academic year 2021-2022. On the other hand, as is usual in any innovation process, other setbacks occurred. Particularly, usability and functionality problems arose when implementing some of the new activities developed in Moodle [5]; for example, the graphical interface of some activities presented some difficulties depending on the resolution of the web browser used, preventing students from correctly visualizing the statement or the answers.

Based on our previous experience and the lessons learned in such teaching innovation projects, in this paper we present our teaching innovation project developed for the academic year 2022-2023, called "Gamifying the teaching-learning processes of Security in Computer Systems, Security in Distributed Systems, and Risk Analysis and Management courses". This project not only proposes to improve the activities already implemented in the SCS and RAM courses, but also to create new activities for these courses as well as for the Security in Distributed Systems (SDS) course [6] of the Master's Degree in Cybersecurity. Therefore, this project aims to extrapolate the good results and lessons learned in one Bachelor's Degree course to two Master's Degree courses, motivated by the teachers of the Bachelor's Degree course sharing their knowledge and previous innovative experiences with the teachers of the Master's Degree courses.

Specifically, in this project we have created and improved the academic activities not only for assessment, but also for self-assessment, both for the theory and practical parts of the three courses, making use of Information and Communication Technologies (ICT) for education. In particular, the resources and tools provided by Moodle, the online teaching platform used at the UCA [7], as well as other external tools such as H5P (HTML5 Package) [8], [9], have been used and enhanced. This has yielded a dual advantage. Firstly, it has facilitated the process for the teaching staff to monitor and evaluate all the online activities developed in this project. Secondly, it has encouraged and motivated the students in undertaking these activities thanks to the use of techniques and methods derived from gamification, that is, incorporating game strategies based on the dynamics of the reward in order to achieve better results.

Consequently, this project has sought to improve and offer higher quality online teaching adapted to the “new normal” situation. It specifically addresses the limitations and challenges inherent from traditional online teaching for one course of the Bachelor’s Degree in Computer Science and Engineering and two courses of the Master’s Degree in Cybersecurity.

The remainder of this paper is structured as follows. Section 2 shows the methodology followed in the teaching experience in such courses. Then, in Section 3, we show and discuss the results, along with a comparison with previous years’ results. Finally, the conclusions and future work are presented in Section 4.

2 METHODOLOGY

This section describes the methodology followed in our innovative teaching experience for the SCS, RAM and SDS courses. Considering the lessons learned from experience in the academic years 2020-2021 and 2021-2022, multiple assessment and self-assessment activities have been developed in Moodle.

All courses participating in this project provide their students with access to the Virtual Campus [7], developed through the Moodle platform and updated annually by the University of Cadiz. One of the advantages of this platform lies in the possibility of creating activities for student assessment and self-assessment using tools such as Hot Potatoes [10], SCORM [11], or educational versions of classic games, as detailed later in this section. The configuration of these activities allows for adjusting the difficulty and number of attempts, as well as providing automated feedback to students. From the teachers’ perspective, we can obtain statistical data such as the number of students participating in the activity and the difficulty level of the questions. This enables continuous improvement of the activities as they are implemented.

The gamification elements employed in this project include:

- *Alphabet soup*: an activity in which participants are provided with a grid, the size of which is determined by the teacher, along with a list of definitions. The grid is populated with letters in a seemingly random order, and students must identify terms that correspond to the provided definitions. These terms can be oriented in any direction: horizontally, vertically, or diagonally, and students must find them all to finish the activity.
- *Crosswords*: a word puzzle where students are presented with a list of definitions and a grid. Unlike the “Alphabet Soup” activity, only one letter of each term is provided in the grid, and its size depends on the length of the terms. Students must fill in the empty squares of the grid with the related terms (usually, the term is associated with a number in the grid, allowing the student to identify its position). The objective is to successfully fill in all the gaps with the appropriate letters.
- *The hangman game*: another classic word-guessing activity in which students are presented with a blank space for each letter of a term. Students must attempt to guess the letters one by one. Each incorrect guess results in a part of a hanging figure being drawn. The number of incorrect guesses allowed before the game concludes is set by the teacher and is normally configured according to the length and difficulty of the terms. Normally, students can miss up to between three and six letters in total before losing an attempt. The objective is to successfully guess the entire term before running out of attempts.
- *Hidden image*: an interactive game where students are presented with an empty grid alongside a list of terms or specific questions that they must define or answer. As students provide correct responses, a corresponding section of the hidden image is unveiled. Upon reaching the conclusion of the game and with the complete image revealed, students are tasked with answering a final question, often related to the image itself. It is worth noting that in our courses, the image may not necessarily pose a question, but may instead offer a summary of the topic being assessed.
- *The millionaire*: a version of the well-known game “Who Wants to be a Millionaire?” adapted to Moodle. Similar in format to the original game, students are presented with a question along with four possible answers. They can progress to the next question only if they answer correctly. To assist them in their decision-making process, students can utilize limited aids, such as “the public joker” or “the call”, which simulate the behavior of these elements to provide clues about the correct answers. This is one of the most configurable activities, as it is possible to vary the number of questions, attempts and aids.

- *Sudoku*: in this traditional game, students encounter automatically generated Sudokus of high difficulty. To motivate them to solve it, students have the added option of answering questions or completing definitions. Doing so correctly provides hints or directly fills in certain numbers within the Sudoku grid, reducing its difficulty.
- *Matching definitions*: an educational game where students are presented with a list of terms and their corresponding definitions, arranged in distinct columns. The goal of this activity is to accurately associate each term with its respective definition, either by selecting from a provided list or by drawing connections between them. Figure 1 shows an example of this game.

All these activities are powered by “term glossaries”. These glossaries usually consist of manually inputted terms and their corresponding definitions by subject teachers. As courses progress and undergo continuous improvement, they evolve into dictionaries of technical terms and concepts. While there is an option to grant students access to these glossaries, it is restricted. This precaution is taken to prevent them from using it to solve the activities, thereby ensuring that the results accurately represent the knowledge of the students.

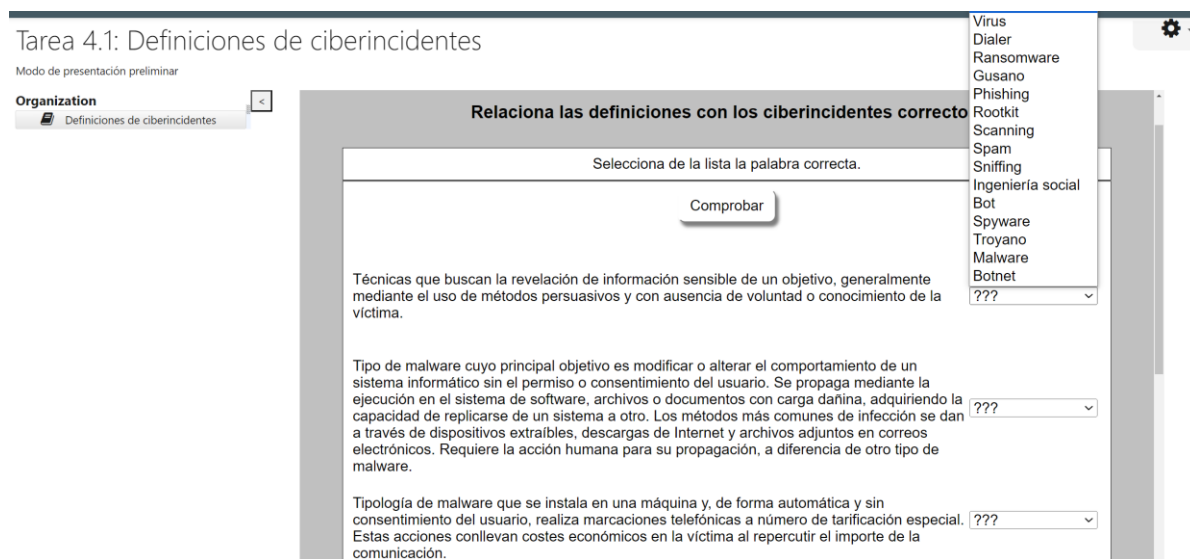


Figure 1. Matching definitions SCORM example.

Incorporated for the academic year 2022-2023 is the integration of H5P activities [9]. These activities, which can also be sourced externally from the Virtual Campus, have been developed by the H5P group. H5P significantly diversifies the range of available exercises compared to those offered by Hot Potatoes. While H5P surrounds diverse activities, our primary focus has been on three specific types:

- *True/False questions*: students are presented with a sequence of statements and are tasked with indicating whether each statement is True or False. Figure 2 provides an illustrative view of these activities from the students' perspective.
- *Drag the words*: this activity showcases a list of definitions alongside empty slots. Along with it, the student is provided with an unordered list of terms. The objective is to correctly pair the terms with their respective definitions by dragging them into the appropriate slots. This interactive exercise is depicted on a screen like the one shown in Figure 3.
- *Fill in the blanks*: students can see a list of statements or definitions, with certain words left blank. Students are asked to fill in these blanks by typing in the appropriate words. This activity accommodates variations of the term, such as synonyms, ensuring that responses are not strictly restricted. Figure 4 presents an example of this kind of activity.

Actividad de autoevaluación CEP

Selecciona VERDADERO o FALSO para cada una de las siguientes afirmaciones.

Marca una única opción por afirmación, ya que una errónea resta una correcta.

VERDADERO FALSO - La tecnología CEP permite detectar automáticamente eventos complejos sin necesidad de almacenar previamente los datos a analizar y correlacionar.

VERDADERO FALSO - Un patrón de eventos permite generar automáticamente eventos simples cuando se cumplen las condiciones del patrón.

VERDADERO FALSO - Una sliding time window funciona desde el momento actual y va incluyendo eventos hacia el futuro basándose en la hora del sistema.

VERDADERO FALSO - Un motor CEP es un software que permite analizar y correlacionar grandes volúmenes de datos en tiempo real para detectar automáticamente situaciones de interés.

VERDADERO FALSO - Un evento complejo se produce en un sensor cuando este cambia de estado.

VERDADERO FALSO - El operador -> de Esper EPL permite seleccionar cada evento que pertenece al tipo especificado.

VERDADERO FALSO - Un evento simple es generado automáticamente por un motor CEP cuando se cumplen las condiciones de un patrón de eventos.

VERDADERO FALSO - EPL es un lenguaje de procesamiento de eventos que permite implementar patrones de eventos.

VERDADERO FALSO - ED-SOA es una arquitectura orientada a servicios y dirigida por eventos, en la que los eventos tienen la capacidad de invocar servicios.

VERDADERO FALSO - MEdit4CEP es una herramienta de modelado gráfico que permite diseñar gráficamente los patrones de eventos y transformarlos automáticamente a código Esper EPL.

Comprobar

Figure 2. True/False questions H5P example.

Self-assessment activity API REST

Drag the words into the correct boxes

_____ : A remote computing device that communicates back and forth with a network to which it is connected.

_____ : A software system that supports interoperable machine-to-machine interaction over a network.

_____ : A digital certificate that authenticates a website's identity and enables an encrypted connection.

_____ : A mechanism that allows restricted resources on a web page to be requested from another domain outside the domain.

_____ : A mechanism to define the access privileges to a collection of resources using their URL mapping.

_____ : A set of functions and procedures allowing the creation of applications that access the features or data of an operating system, application, or other service.

_____ : A software development model that allows services to communicate across different platforms and languages to form applications.

_____ : A lightweight, text-based language used to store and exchange data.

_____ : A strings of characters used to identify names or resources on the Internet.

_____ : A unique identifier used to connect to, or perform, an API call.

JSON

API Key

CORS

Endpoint

API

Web Service

SSL Certificate

Security constraint

URI

SOA

Check

Figure 3. Drag the words H5P example.

Actividad de autoevaluación blockchain

Rellena, con la ayuda de las pistas, los términos correspondientes a las definiciones.

Blockchain _____ : Tipo de red blockchain que nace para el uso empresarial, donde se requiere un número mayor de transacciones por segundo o donde la transparencia supone un problema.

_____ : Plataforma de código abierto, que sirve para ejecutar contratos inteligentes y puede ser utilizada para la creación de aplicaciones descentralizadas.

_____ : Lenguaje de alto nivel utilizado para el desarrollo de contratos inteligentes que permite herencia, bibliotecas y tipos complejos definidos por el usuario.

_____ : Software que permite a los usuarios finales interactuar con aplicaciones desarrolladas para EVM directamente a través del navegador web sin necesidad de ejecutar una red de blockchain completa.

_____ of _____ : Mecanismo de consenso que requiere la utilización de alta capacidad de computación para poder generar nuevos bloques y que sean añadidos a la cadena.

_____ : Tecnología digital que está en constante crecimiento y combina criptografía, datos, gestión, algoritmos de verificación, ejecución y registro de transacciones, entre otras cosas.

_____ : Algoritmo criptográfico que hace que el enlace entre los distintos bloques de la red blockchain sea imposible de romper, ya que utiliza la información de cada bloque para crear una cadena de caracteres única para cada bloque.

Blockchain _____ : Tipo de red blockchain en la que cualquier persona que lo desee puede acceder a la cadena de bloques y todo el mundo puede añadir un registro a la cadena de bloques.

_____ : Unidad que mide la cantidad de esfuerzo computacional requerida para ejecutar operaciones específicas en la red de Ethereum.

_____ : Programas que han sido implementados como datos en blockchain y ejecutados como transacciones.

Comprobar

Figure 4. Fill in the blanks H5P example.

The activities are presented to students on a weekly basis, with an effort to introduce new ones each week to avoid repetition. Given the ongoing nature of this experience [1], [2], we have leveraged student feedback to improve the setup and content of the activities. This ensures not only sustained motivation but also alignment with the curriculum for the academic year 2022-2023. In terms of activity availability, teachers provide access to the content from the previous lesson at the start of each session. This ensures students have enough time for thorough review and knowledge acquisition.

Remarkably, the introduction of these H5P activities lays the groundwork for the potential incorporation of additional exercises beyond the classic games offered by the Moodle platform in the following academic courses.

3 RESULTS

To obtain students' feedback, an anonymous questionnaire with the following 13 questions with 5-point Likert-scale (1 = strongly disagree, 5 = strongly agree) was conducted after finishing each course:

- Q1: I have regularly attended classes.
- Q2: Before starting the course, I thought that I was going to have a lot of difficulty in understanding the contents of this course.
- Q3: After finishing the course, I have not had any difficulty in understanding the contents of this course.
- Q4: I am satisfied with the knowledge acquired.
- Q5: I have completed all the *self-assessment* activities proposed in the course.
- Q6: The *self-assessment* activities have allowed me to reinforce my knowledge of the course.
- Q7: The *self-assessment* activities have been very difficult for me.
- Q8: I found the maximum number of attempts (3) to complete the *self-assessment* activities to be adequate.
- Q9: As for the *assessment* activities, they have allowed me to reinforce my knowledge of the course.
- Q10: I found the *assessment* activities very difficult.
- Q11: Group internships have camouflaged colleagues who have not really worked or have not really learned enough.
- Q12: Considering the contents taught in the course, I found the exams to be very difficult.
- Q13: I believe that this type of gamified activities should continue to be proposed in this and other courses.

Table 1 indicates the results of students' responses to such questions for the SCS course during 2020-2021, 2021-2022 and 2022-2023 academic years. From the answers to question Q1, most of them regularly attended classes. From the answers to Q2 and Q3, most of them thought, before starting the course, that they were not going to have a lot of difficulty in understanding the contents of this course and, after finishing the course, they did not change their opinion. In general, most of them are satisfied with the knowledge acquired (see Q4).

Regarding self-assessment activities, 58.33% of students completed all the self-assessment activities proposed in 2022-2023, while 91.67% of students completed them in 2021-2022 and 43.90% in 2020-2021 (see Q5). Therefore, student participation in this type of activities has decreased in the last year, probably because the UCA version of Moodle in 2022-2023 does not allow the definition of gamification strategies for the self-assessment activities. So, rewarding the students with medals when they satisfy the set criteria is not supported any more. Around 75% of students answered that self-assessment activities allowed them to reinforce their knowledge of the course in 2022-2023 and 2020-2021, while around 87% of them during 2021-2022 (see Q6). Additionally, these activities were not difficult for around 45% of students in 2022-2023 versus 58 % and 51% of students in 2021-2022 and 2020-2021, respectively (see Q7). During 2022-2023, 67% of respondents considered that the maximum number of attempts (3) to complete the self-assessment activities was enough (see Q8), while 75% and 51% in previous academic years.

Regarding assessment activities, these allowed most of students (88%) to reinforce their knowledge of the course (see Q9) in 2022-2023, while 93% and 88% in 2021-2022 and 2020-2021, respectively. In addition, these activities had a low level of difficulty for 50% of students (see Q10) in the present year.

During 2021-2022 and 2022-2023, 29% of students mentioned that group internships camouflaged colleagues who did not really work or learn enough (see Q11). Half of respondents did not find exams

difficult in 2021-2022 (see Q12), while 63% of them did not find them difficult in 2022-2023. The usefulness of the activities developed in this project could justify this easier level of exams. It is worth mentioning that around 79% of respondents affirmed that this type of gamified activities should be proposed in this and other courses in the next academic years (see Q13).

Table 1. Results in percentage of the questionnaire about the learning experience answered by students enrolled in the SCS course.

Q#	Answer (2020 – 2021)					Answer (2021 – 2022)					Answer (2022 – 2023)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Q1	0	2.44	0	4.88	92.68	0	0	0	4.17	95.83	0	0	0	16.67	83.33
Q2	21.95	19.51	48.78	9.76	0	0	41.67	45.83	12.50	0	8.33	29.17	54.17	8.33	0
Q3	0	2.44	2.44	43.90	51.22	0	8.33	4.17	50	37.50	4.17	8.33	4.17	54.17	29.17
Q4	2.44	9.76	4.88	39.02	43.90	0	4.17	0	50	45.83	0	0	20.83	33.33	45.83
Q5	9.76	17.07	9.76	19.51	43.90	0	4.17	4.17	0	91.67	8.33	16.67	0	16.67	58.33
Q6	0	4.88	19.51	31.71	43.90	0	8.33	4.17	33.33	54.17	0	4.17	20.83	33.33	41.67
Q7	17.07	34.15	43.90	4.88	0	29.17	29.17	37.50	0	4.17	16.67	29.17	54.17	0	0
Q8	9.76	17.07	21.95	19.51	31.71	4.17	16.67	4.17	45.83	29.17	0	16.67	16.67	29.17	37.50
Q9	4.88	4.88	2.44	56.09	31.71	4.17	0	4.17	50	41.67	0	4.17	8.33	54.17	33.33
Q10	12.19	36.59	31.71	19.51	0	12.50	37.50	41.67	8.33	0	20.83	50	20.83	8.33	0
Q11	29.27	29.27	19.51	12.20	9.75	8.33	41.67	20.83	25	4.17	25	29.17	16.67	25	4.17
Q12	14.63	43.90	29.27	12.20	0	12.50	37.50	41.67	4.17	4.17	16.67	45.83	25	12.50	0
Q13	4.88	0	12.20	39.02	43.90	0	4.17	16.67	29.17	50	0	4.17	16.67	37.50	41.67

Table 2 shows the results of students' responses to the questions mentioned for the RAM course during 2021-2022 and 2022-2023. First, we observe that the students in 2022-2023 were less self-confident in their capability of understanding the content of the course with respect to students in 2021-2022 (see Q2). This may negatively influence the perception of the self-assessment activities, as they may perceive them as more difficult since no guidance is given. Indeed, note that 100% of respondents in 2021-2022 considered that self-assessment activities allowed them to reinforce their knowledge on the course (see Q6) while only 66% of them mentioned that assessment activities allowed them to reinforce their knowledge on the course (see Q9), versus 71% (Q6) and 86% (Q9) in 2022-2023, respectively. This means that students have considered the assessment activities more useful than the self-assessment ones in the present academic year. Moreover, 71% of students confirmed that this type of gamified activities should continue to be proposed in this and other courses. However, the students in 2022-2023 are not 100% agree on continuing this type of activities, as it did happen in 2021-2022. Again, their lower self-perception in their capability of understanding content may influence this result. Finally, comparing the results obtained between 2021-2022 and 2022-2023, it can be seen that the higher the regular class attendance (see Q1), the fewer difficulties students have with the assessment activities (see Q10).

Table 2. Results in percentage of the questionnaire about the learning experience answered by students enrolled in the RAM course.

Q#	Answer (2021 – 2022)					Answer (2022 – 2023)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Q1	0	0	0	0	100	14.29	0	0	14.29	71.43
Q2	0	66.67	33.33	0	0	0	28.57	42.86	14.29	14.29
Q3	0	0	0	66.67	33.33	0	0	0	71.43	28.57
Q4	0	0	0	66.67	33.33	0	0	14.29	42.86	42.86
Q5	0	0	0	33.33	66.67	0	14.29	14.29	28.57	42.86
Q6	0	0	0	100	0	0	14.29	14.29	42.86	28.57
Q7	0	66.67	33.33	0	0	57.14	28.57	14.29	0	0
Q8	0	0	0	66.67	33.33	14.29	0	28.57	14.29	42.86
Q9	0	0	33.33	33.33	33.33	14.29	0	0	42.86	42.86
Q10	0	66.67	33.33	0	0	0	28.57	42.86	14.29	14.29
Q11	0	33.33	0	66.67	0	57.14	28.57	0	0	14.29
Q12	33.33	33.33	33.33	0	0	0	28.57	28.57	42.86	0
Q13	0	0	0	100	0	0	0	28.57	28.57	42.86

Table 3 summarizes the results of students' responses to the questions mentioned for the SDS course during 2022-2023. Only 25 % of respondents considered that self-assessment activities allowed them to reinforce their knowledge on the course (see Q6) while 100 % of them mentioned that assessment activities allowed them to reinforce their knowledge on the course (see Q9). So, students have considered the assessment activities more useful than the self-assessment ones in the present academic year. Moreover, 50 % of students confirmed that this type of gamified activities should continue to be proposed in this and other subjects. In addition, the responses on the difficulty of the self-assessment activities are very different (see Q7) so we cannot get a clear idea of the difficulty of the activities until these anonymous questionnaires are conducted in subsequent academic years. In general, the level of students' satisfaction with this project in this course is lower than in the other courses. This could be because these students had much less time to do the activities than in the other courses, since the SDS course is only taught for 2 weeks while the other two ones are taught for a semester.

Table 3. Results in percentage of the questionnaire about the learning experience answered by students enrolled in the SDS course.

Q#	Answer (2022 – 2023)				
	1	2	3	4	5
Q1	0	0	0	0	100

Q2	25	0	25	25	25
Q3	0	0	0	75	25
Q4	0	0	0	100	0
Q5	0	0	25	25	50
Q6	0	0	75	0	25
Q7	25	25	25	25	0
Q8	0	25	25	0	50
Q9	0	0	0	0	100
Q10	0	50	25	25	0
Q11	50	50	0	0	0
Q12	0	50	25	25	0
Q13	0	0	50	25	25

4 CONCLUSIONS

This teaching innovation project has sought to improve and offer higher quality online teaching adapted to the “new normal” situation. It has specifically faced the limitations and challenges inherent from traditional online teaching for the SCS course of the Bachelor’s Degree in Computer Science and Engineering, and the RAM and SDS courses of the Master’s Degree in Cybersecurity at the University of Cadiz. Furthermore, the conclusions and lessons learned, as well as the assessment and self-assessment activities developed using gamification tools such as Hot Potatoes and H5P, will be extrapolated, applied and migrated to other courses of both the Bachelor’s Degree in Computer Science and Engineering and the Master’s Degree in Cybersecurity in the following academic years.

ACKNOWLEDGEMENTS

This teaching innovation project was supported by the University of Cadiz [grant numbers sol-202200229853-tra and sol-202300263219-tra]. We would like to thank student Jonás Núñez Díaz for analyzing, testing and evaluating existing gamification tools and helping us to implement Hot Potatoes and H5P activities in this project. We would like also to thank all students for their participation in this teaching innovation project during the academic course 2022-2023.

REFERENCES

- [1] J. Boubeta-Puig, A. Ruiz-Zafra, and K. J. Valle-Gómez, ‘Improving the distance learning of the security in computer systems in time of crisis through serious games’, in *EDULEARN21 Proceedings*, Online Conference: IATED, 2021, pp. 12322–12330. doi: 10.21125/edulearn.2021.2590.
- [2] J. Boubeta-Puig, K. J. Valle-Gómez, and A. Estero-Botaro, ‘Developing gamified activities for improving online teaching-learning processes of the security in computer systems and risk analysis and management subjects’, in *EDULEARN22 Proceedings*, Palma, Spain: IATED, 2022, pp. 9733–9741. doi: 10.21125/edulearn.2022.2346.
- [3] University of Cadiz, ‘Security in Computer Systems syllabus 2022-2023’. <https://asignaturas.uca.es/asig/2022-23/21714059/> (accessed Sep. 20, 2023).

- [4] University of Cadiz, 'Risk Analysis and Management syllabus 2022-2023'. <https://asignaturas.uca.es/asig/2022-23/1769101/> (accessed Sep. 20, 2023).
- [5] Moodle, 'Moodle - Open-source learning platform'. <https://moodle.org/> (accessed Sep. 20, 2023).
- [6] University of Cadiz, 'Security in Distributed Systems syllabus 2022-2023'. <https://asignaturas.uca.es/asig/2022-23/1769305/> (accessed Sep. 20, 2023).
- [7] University of Cadiz, 'Virtual Campus'. <https://campusvirtual.uca.es/en/> (accessed Sep. 20, 2023).
- [8] H5P Group, 'H5P'. <https://h5p.org/> (accessed Sep. 20, 2023).
- [9] Moodle, 'H5P activity - MoodleDocs'. https://docs.moodle.org/402/en/H5P_activity (accessed Sep. 20, 2023).
- [10] University of Victoria, 'Hot Potatoes'. <https://hotpot.uvic.ca/> (accessed Sep. 20, 2023).
- [11] Moodle, 'SCORM - MoodleDocs'. <https://docs.moodle.org/all/es/SCORM> (accessed Sep. 20, 2023).