

MEMORIA FINAL¹

Compromisos y Resultados

Proyectos de Innovación y Mejora Docente 2020/2021

Identificación del proyecto	
Código	sol-202000162077-tra
Título	Creación de materiales y métodos didácticos digitales para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Seguridad en los Sistemas Informáticos
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	
Título:	Crear actividades de evaluación y autoevaluación para los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura en la plataforma Moodle.
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar actividades de evaluación y autoevaluación para los distintos temas de la asignatura, haciendo uso de las distintas herramientas proporcionadas por Moodle. • Gestionar insignias en Moodle para las actividades de autoevaluación y otorgarlas automáticamente a los estudiantes de un curso para reconocer su trabajo. • Gestionar también insignias en Moodle para las actividades de evaluación realizadas individualmente y en grupo.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<p>Todas las actividades previstas en este primer objetivo han sido realizadas satisfactoriamente.</p> <p>En primer lugar, se han diseñado actividades de evaluación y autoevaluación para los 6 temas de la asignatura, haciendo uso de las distintas herramientas proporcionadas por Moodle, entre las que destacamos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Juego del ahorcado: el estudiante debe completar un término, seleccionando letras una a una de un conjunto de opciones disponibles. - El millonario: los estudiantes responderán a las preguntas y, a medida que vayan acertando, irán ascendiendo hasta conseguir un premio. - Sudoku: los estudiantes tienen la opción de responder a las preguntas o completar las definiciones relacionadas con el tema para autocompletar ciertas partes del Sudoku y, por lo tanto, reducir su dificultad. - Crucigramas: deben rellenarse los huecos con términos para los que se les ha

¹ Esta memoria no debe superar las 6 páginas.

	<p>dado una definición o completar una definición con la palabra que falta.</p> <p>- Sopa de letras: debe seleccionarse el mayor número de términos que puedan encontrar en la sopa de letras.</p> <p>- Imagen oculta: el estudiante responde a preguntas o completa definiciones. A medida que acierta, se muestra un trozo de una imagen oculta. Esta imagen puede estar vinculada a una pregunta final, que el estudiante debe responder lo más rápidamente posible para obtener la mayor puntuación posible.</p> <p>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 repetir el mismo tipo de actividad. Gracias a las estrategias de gamificación adoptadas, hubo una gran motivación de los estudiantes para completar dichas actividades y adquirir conocimientos más rápidamente.</p> <p>En segundo lugar, se definió una estrategia de gamificación en Moodle para las actividades de autoevaluación. Esta estrategia describe las actividades que los estudiantes pueden realizar y las insignias que pueden recibir si se cumplen los criterios establecidos. Por ejemplo, se asignará automáticamente una medalla de estrella rosa a un estudiante como recompensa si ha completado y superado, con al menos 5 de 10 puntos, cada actividad de autoevaluación de una determinada unidad temática. El número máximo de medallas de estrella rosa asignadas a un estudiante es de 6, una por cada unidad temática. Solo se asignará automáticamente un trofeo de oro a los estudiantes que hayan obtenido previamente 6 medallas de estrella rosa (hayan superado todas las actividades de autoevaluación propuestas).</p> <p>En tercer lugar, se definió otra estrategia de gamificación en Moodle para las actividades de evaluación. Se asignará automáticamente una medalla de estrella verde a un estudiante si ha completado todas las actividades de evaluación de una unidad determinada. El número máximo de medallas de estrella verde a asignar por estudiante es de 6, igual al número de unidades. La medalla de oro se asignará automáticamente solo a los estudiantes que hayan obtenido previamente 6 medallas de estrella verde (hayan completado todas las actividades de evaluación propuestas).</p> <p>Una explicación más detallada de estas actividades realizadas puede encontrarse en el artículo publicado en el congreso internacional (adjunto a esta memoria): 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», EDULEARN21 Proceedings, pp. 12322-12330, 2021. http://dx.doi.org/10.21125/edulearn.2021.2590</p>
--	---

Objetivo nº 2	
Título:	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:

Todas las actividades previstas en este segundo objetivo han sido realizadas satisfactoriamente.

Cada parte (teórica/práctica) de la asignatura podía tener actividades de evaluación (calificada por el profesor) así como actividades de autoevaluación (calificadas automáticamente por la plataforma Moodle). En la siguiente tabla se muestra el número de actividades de evaluación y autoevaluación que se desarrollaron para cada unidad temática de la asignatura:

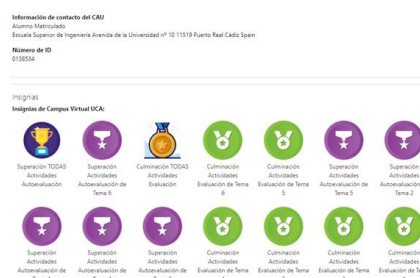
Number of developed assessment and self-assessment activities classified by units
(T = Theoretical part and P = Practical part)

Activity types	Unit 1		Unit 2		Unit 3		Unit 4		Unit 5		Unit 6	
	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
Assessment	1	0	2	0	2	3	2	0	2	5	2	2
Self-assessment	1	0	1	0	0	3	1	0	0	6	1	2
Total	2	0	3	0	2	6	3	0	2	11	3	4

Cada actividad fue evaluada con una puntuación (1 - 10), premiando al estudiante con una medalla de estrella rosa, una medalla de estrella verde, una medalla de oro y/o un trofeo si lograba algunas/todas las estrategias de gamificación propuestas (descritas en el objetivo 1). En la siguiente tabla se presenta el número de estudiantes que ganaron insignias para las actividades de evaluación y autoevaluación:

Number of students who earned badges classified by activity types.

Self-assessment		Assessment	
Unit-1 pink star medal	63	Unit-1 green star medal	102
Unit-2 pink star medal	30	Unit-2 green star medal	110
Unit-3 pink star medal	44	Unit-3 green star medal	81
Unit-4 pink star medal	53	Unit-4 green star medal	89
Unit-5 pink star medal	41	Unit-5 green star medal	85
Unit-6 pink star medal	47	Unit-6 green star medal	69
Gold trophy	17	Gold medal	57



Además, se ilustra el perfil Moodle de un estudiante (anonimizado) de la asignatura donde puede comprobarse que ha ganado todas las insignias de evaluación y autoevaluación.

Objetivo nº 3	
Título:	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:	Realizar un cuestionario de satisfacción a los estudiantes en Moodle y extraer conclusiones sobre aspectos como los siguientes: 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:	La actividad prevista en este tercer objetivo ha sido realizada satisfactoriamente. Tras la finalización del curso se realizó un cuestionario anónimo de 15 preguntas con una escala <i>Likert</i> de 5 puntos (1 = totalmente en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo):

- Q1: He asistido regularmente a las clases virtuales.
 Q2: Antes de empezar el curso, pensaba que iba a tener muchas dificultades para entender los contenidos de este curso.
 Q3: Después de terminar el curso, no he tenido ninguna dificultad para entender los contenidos de este curso.
 Q4: Estoy satisfecho con los conocimientos adquiridos.
 Q5: He realizado todas las actividades de autoevaluación propuestas en el curso.
 Q6: Las actividades de autoevaluación me han permitido reforzar mis conocimientos sobre la materia.
 Q7: Las actividades de autoevaluación me han resultado muy difíciles.
 Q8: El número máximo de intentos (3) para completar las actividades de autoevaluación me ha parecido adecuado.
 Q9: Me he sentido más motivado durante el aprendizaje al ganar insignias de Moodle al superar todas las actividades de autoevaluación de una determinada unidad.
 Q10: En cuanto a las actividades de evaluación, me han permitido reforzar mis conocimientos sobre la materia.
 Q11: Las actividades de evaluación me parecieron muy difíciles.
 Q12: Me sentí más motivado durante el aprendizaje al ganar insignias de Moodle cuando completé todas las actividades de evaluación de una unidad determinada.
 Q13: Las prácticas en grupo han camuflado a compañeros que no han trabajado realmente o no han aprendido lo suficiente.
 Q14: En relación con los contenidos impartidos en el curso, los exámenes me parecieron muy difíciles.
 Q15: Creo que este tipo de actividades gamificadas deberían seguir proponiéndose en esta y otras asignaturas.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de la encuesta realizada:

Results in percentage of the questionnaire about the learning experience answered by students.

Question	Answer (5-point likert scale)																																																				
	1	2	3	4	5	Q8		Q9		Q10		Q11		Q12		Q13		Q14		Q15																																	
Q1	0	2.44	0	4.88	92.68																																																
Q2	21.95	19.51	48.78	9.76	0																																																
Q3	0	2.44	2.44	43.90	51.22																																																
Q4	2.44	9.76	4.88	39.02	43.90																																																
Q5	9.76	17.07	9.76	19.51	43.90																																																
Q6	0	4.88	19.51	31.71	43.90																																																
Q7	17.07	34.15	43.90	4.88	0																																																
						Q8	9.76	17.07	21.95	19.51	31.71	Q9	12.20	7.32	41.46	24.39	14.63	Q10	4.88	4.88	2.44	56.09	31.71	Q11	12.19	36.59	31.71	19.51	0	Q12	14.63	2.44	46.35	14.63	21.95	Q13	29.27	29.27	19.51	12.20	9.75	Q14	14.63	43.90	29.27	12.20	0	Q15	4.88	0	12.20	39.02	43.90

2. Adjunte las tasas de éxito² y de rendimiento³ de las asignaturas implicadas y realice una valoración crítica sobre la influencia del proyecto ejecutado en la evolución de estos indicadores.

Asignatura ⁴	Tasa de Éxito		Tasa de Rendimiento	
	Curso 2019/20	Curso 2020/21	Curso 2019/20	Curso 2020/21
Seguridad en los	0,97	0,94	0,96	0,94

² Tasa de éxito = Número de estudiantes aprobados / Número de estudiantes presentados.

³ Tasa de rendimiento = Número de estudiantes aprobados / Número de estudiantes matriculados.

⁴ Incluya tantas filas como asignaturas se contemplen en el proyecto.

Sistemas Informáticos				
Informe crítico sobre la evolución de las tasas de éxito y rendimiento				
<p>Las tasas de éxito y de rendimiento se han calculado teniendo en cuenta únicamente las calificaciones por evaluación continua obtenidas en la convocatoria de febrero de cada curso académico. De esta forma, se han podido comparar las calificaciones obtenidas en febrero de 2019 (sin proyecto de innovación docente) y en febrero de 2020 (con proyecto de innovación docente).</p> <p>Los resultados indican que el proyecto de innovación docente no ha implicado directamente una mejora de las tasas de éxito ni de rendimiento, pero también es cierto que el 2020/2021 ha sido un curso muy excepcional, motivado por la pandemia del coronavirus.</p> <p>Lo que sí pone de manifiesto estos datos es que, fruto de este proyecto de innovación docente, en el curso 2020/2021 todos los estudiantes matriculados han seguido la evaluación continua y se han presentado en la convocatoria de febrero. De ahí que las tasas de éxito y rendimiento coincidan, algo que no suele ser habitual.</p> <p>En cualquier caso, los estudiantes han quedado sumamente satisfechos con esta experiencia de innovación docente, como reflejan los resultados (véase Objetivo nº 3).</p>				

3. 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:				
<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
21,95	19,51	48,78	9,76	0
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
51,22	43,90	2,44	2,44	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
0	4,88	19,51	31,71	43,90
Valoración crítica sobre la influencia que ha ejercido el proyecto en la opinión de los alumnos				
<p>Sin lugar a duda, este proyecto de innovación docente ha impactado significativamente en el alumnado, como demuestran los resultados (véase Objetivo nº 3).</p> <p>De las respuestas a la pregunta Q1 se desprende que la mayoría asistía regularmente a las clases virtuales. De las respuestas a las preguntas Q2 y Q3 se desprende que la mayoría pensaba, antes de</p>				

empezar el curso, que no iba a tener muchas dificultades para entender los contenidos de este curso y, después de terminar el curso, no cambió su opinión. En general, la mayoría está satisfecha con los conocimientos adquiridos (véase la Q4).

En cuanto a las actividades de autoevaluación, el 43,90% de los encuestados completó todas las actividades de autoevaluación propuestas en el curso, mientras que el 19,51% de ellos completó la mayoría de estas actividades (véase Q5). Sin embargo, el 9,76% de los encuestados no completó ninguna actividad y el 17,07% solo completó algunas de ellas por varias razones: (a) una parte de ellos no tuvo suficiente tiempo para realizar estas actividades de autoevaluación en el plazo establecido, (b) a unos pocos no les gustaron estas actividades para repasar los contenidos del curso, (c) otros consideraron algunas de las actividades muy extensas, o problemáticas ya que algunas interfaces de juego no funcionaban correctamente. Por otra parte, alrededor del 75% de los encuestados afirmaron que las actividades de autoevaluación les permitieron reforzar sus conocimientos de la asignatura (véase la Q6). Además, estas actividades no fueron difíciles para alrededor del 51% de los estudiantes (véase la Q7). Sin embargo, más del 26% de los encuestados consideró que el número máximo de intentos (3) para completar las actividades de autoevaluación no era suficiente (véase la Q8), por ejemplo, en el juego del millonario. En particular, alrededor del 39% de ellos se sintió más motivado durante el aprendizaje por la obtención de insignias de Moodle al superar todas las actividades de autoevaluación de una unidad determinada, mientras que el 12% de ellos no se sintió motivado por este tipo de actividades (ver Q9).

En cuanto a las actividades de evaluación, estas permitieron a la mayoría de los estudiantes (87%) reforzar sus conocimientos de la asignatura (ver Q10). Para algunos de ellos (12%), estas actividades eran muy fáciles, mientras que para otros (19%) las actividades eran difíciles; el resto las consideraba en un nivel intermedio de dificultad (ver Q11). Alrededor del 36% de los encuestados se sintieron más motivados durante el aprendizaje al obtener insignias de Moodle al completar todas las actividades de evaluación de una unidad determinada (ver Q12), mientras que el 14% no se sintió motivado.

Cabe destacar que alrededor del 21% de los encuestados consideraba que las prácticas en grupo camuflaban a los compañeros que realmente no trabajaban ni aprendían lo suficiente (ver Q13).

En relación con los contenidos impartidos en el curso, la mayoría de ellos no consideraron difíciles los exámenes (véase la Q14). Esto significa que el nivel de dificultad de los exámenes fue similar al de las actividades realizadas durante el curso.

Sorprendentemente, alrededor del 82% de los encuestados cree que este tipo de actividades gamificadas deberían seguir proponiéndose en esta y otras asignaturas (véase Q15). En general, los **comentarios de los estudiantes fueron muy positivos**, como se indica a continuación (a) “las autoevaluaciones son la mejor forma de aprender”, (b) “desde mi punto de vista, ha sido una de las asignaturas mejor planteadas de este semestre, está bastante bien como está”, (c) “las autoevaluaciones y las actividades prácticas, el temario y las diapositivas son de muy buena calidad y me gustaría que se mantuvieran en el futuro”, (d) “las prácticas y las clases en general han sido interesantes y entretenidas, por lo que el curso ha sido ameno”, (e) “clases y contenidos muy dinámicos y fáciles de seguir”, y (f) “las actividades de autoevaluación y evaluación han sido muy útiles para prestar atención a las clases, sobre todo en tiempos de aprendizaje online”.

4. Marque una X bajo las casillas que correspondan en la siguiente tabla. Describa las medidas a las que se comprometió en la solicitud y las que ha llevado a cabo.

Compromiso de compartición / difusión de resultados en el entorno universitario UCA adquirido en la solicitud del proyecto				
1. Sin	2. Compromiso	3.	4.	5.

compromisos	de impartición de una charla o taller para profesores	Adicionalmente fecha y centro donde se impartirá	Adicionalmente programa de la presentación	Adicionalmente compromiso de retransmisión o grabación para acceso en abierto
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Descripción de las medidas comprometidas en la solicitud				
<p>Tras el análisis de los resultados obtenidos (junio o julio) organizaremos un seminario local dentro de la Escuela Superior de Ingeniería (julio o septiembre) para la difusión de la experiencia y sus resultados. El seminario se grabará y se pondrá disponible a través de los medios que la UCA proporcione. Tras la consecución de los objetivos de este PID, se pretende enviar las contribuciones a un congreso de innovación docente, preferiblemente internacional, con el fin de darle difusión al proyecto y sus resultados.</p>				
Descripción de las medidas que se han llevado a cabo				
<p>El 29 de septiembre de 2021, a las 11.30 h., en el seminario FS15 de la Escuela Superior de Ingeniería de la UCA se impartió una charla sobre los resultados de este proyecto de innovación docente.</p> <p>El programa de la presentación fue el siguiente: 1) Introducción, 2) Metodología, 2.1) Actividades de evaluación y autoevaluación, 2.2) Estrategias de gamificación, 3) Resultados, 3.1) Actividades gamificadas, 3.2) Retroalimentación de estudiantes, 4) Conclusiones y trabajo futuro y 5) Referencias.</p> <p>Este seminario fue grabado para su retransmisión en abierto, que se encuentra disponible para su descarga en https://drive.google.com/file/d/11jm9lZ2pZRhL7qutpXw6EXirkojuYiy/view?usp=sharing</p> <p>Los resultados de este PID se publicaron en el congreso internacional <i>13th International Conference on Education and New Learning Technologies</i> (EDULEARN 2021), que tuvo lugar el 5 y 6 de julio de 2021. La publicación se encuentra en las actas del congreso: 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», EDULEARN21 Proceedings, pp. 12322-12330, 2021. http://dx.doi.org/10.21125/edulearn.2021.2590</p>				

IMPROVING THE DISTANCE LEARNING OF THE SECURITY IN COMPUTER SYSTEMS IN TIME OF CRISIS THROUGH SERIOUS GAMES

J. Boubeta-Puig, A. Ruiz-Zafra, K.J. Valle-Gómez

University of Cádiz (SPAIN)

Abstract

The recent pandemic scenario caused by COVID-19 has imposed a change of lifestyle, pushing up the use of Information and Communication Technologies (ICTs) in several fields to maintain, as much as possible, the so-called “new normality”. Education, as a cornerstone of society, has been one of the most affected domains where, for long periods of time, academic staff and students have passed from face-to-face teaching to virtual teaching. Although over recent years, ICTs have been integrated into the education field (e-Learning, m-Learning) successfully, traditional virtual teaching (multimedia contents) is still far from having the benefits of face-to-face teaching. According to the feedback gathered from students enrolled in the Security in Computer Systems subject, from the Degree in Computer Science and Engineering at the University of Cadiz, Spain, the involvement of students as active actors is crucial to take a step further in the enhancement of distance learning. This paper presents a methodology used to address an innovative teaching experience to promote student involvement in this subject. The methodology is based on (1) carrying out assessment and self-assessment activities to foster the participation of students, and (2) the application of badge-based gamification strategies to encourage their interest in the subject. The methodology has been applied to over 100 students with highlighted results, which are detailed in the paper, proving that this teaching innovation project has been successful in improving distance learning.

Keywords: e-Learning, gamification, COVID-19, Moodle, cybersecurity.

1 INTRODUCTION

The health emergency caused by the spread of COVID-19, declared a pandemic by the World Health Organization (WHO) [1], has led to the closure of educational centers and, therefore, to an adaptation in extremis of a face-to-face teaching to a virtual one. However, experience has shown that the didactic materials and teaching-learning processes designed for face-to-face teaching are not as effective when used in virtual teaching, making it necessary to adapt them and even create new materials in digital format.

On the other hand, the Student Delegation of the School of Engineering at the University of Cadiz (UCA) [2] has expressed that, in non-face-to-face teaching, students prefer synchronous virtual classes (streaming) and explanatory video files, as opposed to the use of explanatory audio files, written material and/or recommended bibliography. Additionally, they have suggested the use of self-assessment activities like those which will be used to evaluate the subject, helping students to check their progress and level of knowledge throughout the semester, before doing evaluation tests.

To address these needs, as well as to respond to the recommendations and suggestions made by such students, this paper proposes the creation of new materials and digital teaching methods to improve the teaching-learning processes of the Security in Computer Systems subject [3]. This is a compulsory subject of 6 ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System) credits [4], third course and first semester of the Degree in Computer Science and Engineering at the UCA and with a high enrolment (over 100 students). The syllabus consists of 6 units: (1) Introduction to security, (2) Legislation and regulations on computer security, (3) Security of operating systems, (4) Notification and management of cyber incidents, (5) Ethical hacking and (6) Cryptography.

Particularly, this paper presents the academic activities created not only for evaluation, but also for self-evaluation, of both theoretical and practical parts of the subject, making use of Information and Communication Technologies (ICTs) for education (e-Learning) [5], [6]. To this end, the resources and tools provided by Moodle, the online teaching platform used at the UCA [7], have been used. This has allowed, on the one hand, (1) to facilitate professors the monitoring and evaluation of all digital activities proposed in this paper and, on the other hand, (2) to encourage, motivate and foster students in carrying

out these activities using techniques and methods from gamification, that is, incorporating game strategies based on dynamics of the reward to achieve better results [8] (motivating students and improving their skills, among others).

The rest of the paper is structured as follows. Section 2 describes the methodology used for addressing this teaching innovation experience. Then, Section 3 discusses the obtained results. Finally, Section 4 presents the conclusions and future work.

2 METHODOLOGY

In this section, the methodology used to address our innovative teaching experience for the Security in Computer Systems subject is explained in detail. Firstly, several assessment and self-assessment activities were developed in Moodle. Then, some gamification strategies were defined including such activities.

2.1 Assessment and Self-assessment Activities

In this subject, students can access all content through the Moodle platform. This platform allows for the design of assessment and self-assessment activities, including quizzes, queries, Hot Potatoes activities (crosswords, matching or sorting exercises, etc.) and games (hidden picture, hangman, quiz book, millionaire, word search, etc.). Such activities are highly configurable. Among the most interesting options, we can restrict the period in which activities are available and the number of attempts, the source of the information or the feedback students receive after completion (e.g. an explanation of wrong answers). Also, internally, teachers can obtain information regarding the results of each student, the time spent on every part of an activity or the moment in which they have decided to complete it.

Depending on the activity, students have to deal with definitions, so that given a statement, they provide a term or vice-versa; or given a single-choice question, they have to select the correct answer. In this sense, the platform splits these elements of the activities through two elements: glossaries and question banks. The glossaries consist of sets of terms and definitions, classifiable by subject and with the option that, whenever a term appears anywhere on the platform, it is automatically linked to its definition. The question banks, in turn, consist of libraries of questions with their possible answers. In their configuration, it is possible to select the number of possible answers, as well as the right or wrong ones. Although both elements have been designed for traditional assessment, Moodle activities can be linked to these as a source of information.

Of all the gamification activities available in Moodle, we used six, which are described as follows:

- *Crosswords*: the classic crossword game where students have to fill in the gaps with terms given a definition or fill in a definition with a missing word.
- *Hangman game*: another classic game where the learner must complete a term, given a definition, by selecting letters one by one from a set of available options. After several incorrect attempts at selecting a letter, the game will end. Figure 1 shows a screenshot of this game, where the student got two letters right (A and P) while missing one (F) and having five attempts remaining. Although students are given three attempts at each game, because of the nature of this particular game, they can miss up to 6 letters in total before losing an attempt. It should be noted that the screenshots of the games included in this paper are in Spanish since the subject was taught in this language.
- *The millionaire*: a version of the well-known game 'Who Wants to be a Millionaire?'. Students will answer questions and, as they get the right answers, they will be promoted until they get a prize. Among the options, students can use limited aids such as 'the public joker' or 'the call', where the platform will simulate the behavior of these elements to give clues about the correct answers. Figure 2 illustrates this game, in which the question and possible answers are displayed. In the bottom right corner, the result of using the 'the call' joker is visible.
- *Word search*: the students are provided with a chart with mixed up letters containing terms related to the subject. The aim is to select as many terms as they can find in this puzzle.
- *Sudoku*: this is a traditional Sudoku, but increasing the difficulty. At any time, students have the option of answering questions or completing subject-related definitions in order to auto-fill certain parts of the Sudoku and, thus, reducing its difficulty. Figure 3 depicts this game, where the student gets the chance to answer questions to reveal numbers in Sudoku.

- *Hidden image*: in this game, the student answers questions or completes definitions. As they get it right, a piece of a hidden picture is shown. This picture can be linked to a final question, which must be answered by the student as quickly as possible to get the highest possible score. The platform allows for the use of any image as long as it complies with a certain aspect ratio.

These activities were provided to the students on a weekly basis and after the end of the corresponding learning session. Therefore, once students had finished the theoretical or practical lesson, they had access to these activities as a way of self-assessment. Each activity was focused on a specific topic. In addition, each task was limited to three attempts, so that the participants made good use of each of them and did not answer lightly to obtain a high score without making any effort.

Para obtener autenticidad, GnuPG crea una huella del mensaje y la cifra con la clave

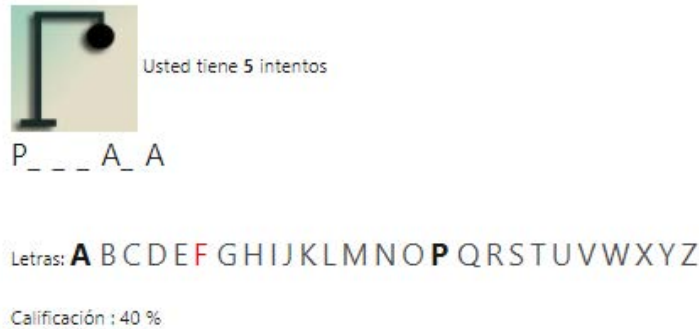


Figure 1. Hangman game example with 5 tries left.

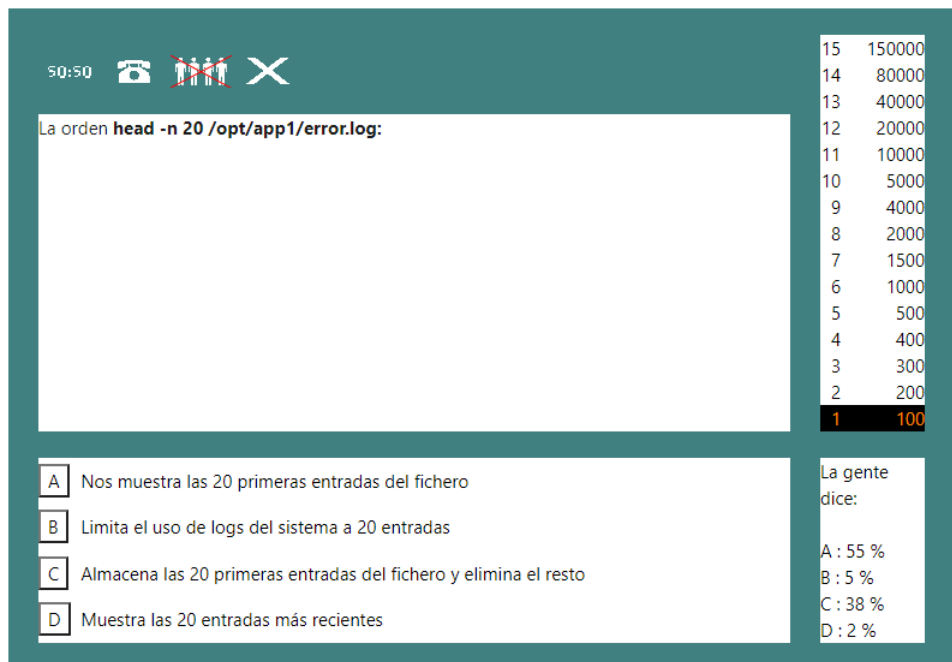


Figure 2. The millionaire game while using 'the call'.

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
A4	<input type="text"/>	2	4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	3	<input type="text"/>	A24
5	<input type="text"/>	9	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	6	<input type="text"/>	A27
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	5	A39	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	A40	6	8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6	2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	A44	<input type="text"/>	8	<input type="text"/>	9
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	3	A75
<input type="text"/>	4	3	A67	<input type="text"/>	9	<input type="text"/>	7	<input type="text"/>
<input type="text"/>	7	5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	A79	4	A81

A4. Nombre de buscador especializado para la recolección de información
 Respuesta:

A24. Herramienta/comando usado para realizar consultas DNS
 Respuesta:

A27. ¿Con que otro nombre se conoce a la corporación que se encarga de asignar y gestionar los nombres y números (dirección) a lo largo de Internet?
 Respuesta:

A39. ¿Qué tipo de consulta tenemos que hacer para conocer la dirección IP de una posible víctima/host?
 Respuesta:

Figure 3. Sudoku with some missing numbers.

Regards to the choice of the weekly activity, different kinds of activities were selected in consecutive weeks, in order to not repeat the same type of activity. Furthermore, and depending on the lesson, it was more convenient to select one or another. For instance, in a theoretical lesson where several definitions had been discussed, it was more useful to use activities such as Crosswords or The Hangman Game, whilst in a practical session where different problems had been addressed, it was more convenient to use activities such as The Millionaire or the Hidden Image, where the student had to answer certain questions about practical scenarios.

At the beginning of each session students were informed that the activity from the previous lesson was available and were asked for feedback. In this way, professors could continuously improve the activities and adjust to students' needs. Thanks to the adopted gamification strategies (see Section 2.2), students were highly motivated to complete such activities and acquire knowledge more quickly. Remarkably, the weekly feedback motivated both professors and students, as an evolution in all aspects of the learning process could be checked (see Section 3).

2.2 Gamification strategies

The gamification strategy defined for such self-assessment activities as well as the gamification strategy for the assessment activities are presented below.

Figure 4 depicts the Moodle gamification strategy defined for the self-assessment activities. Note that although figure's contents are in Spanish, as the subject was taught in this language, these will be explained in the following lines. This strategy gamification describes the activities that students can perform and the awards that they can receive if the established criteria is satisfied. As an example, a pink star medal will be automatically assigned to a student as a reward whether he/she completed and passed, with at least 5 out of 10 points, every self-assessment activity of a given subject unit. The maximum number of pink star medals assigned to a student is 6, one per each subject unit. Moreover,

a gold trophy will be automatically assigned only to students who have previously won 6 pink star medals, i.e., students that have successfully passed all the proposed self-assessment activities.

Likewise, Figure 5 shows an excerpt of the Moodle gamification strategy defined for the assessment activities. In this strategy, a green star medal will be automatically assigned to a student as a reward whether he/she completed every assessment activity of a given unit. The maximum number of green star medals to be assigned by student is 6, as the number of units. In addition, a gold medal will be automatically assigned only to students who have previously won 6 green star medals, i.e., students that have completed all the proposed assessment activities.

SEGURIDAD EN LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS: Insignias
Número de insignias disponibles: 14








Imagen	Nombre *	Descripción	Criterio
	Superación TODAS Actividades Autoevaluación	Superación de TODAS actividades de autoevaluación	Los estudiantes son galardonados con esta insignia cuando han cumplido el siguiente requisito: <ul style="list-style-type: none"> • TODAS de las siguientes insignias tienen que haber sido ganadas: <ul style="list-style-type: none"> ◦ "Superación Actividades Autoevaluación de Tema 1" ◦ "Superación Actividades Autoevaluación de Tema 2" ◦ "Superación Actividades Autoevaluación de Tema 3" ◦ "Superación Actividades Autoevaluación de Tema 4" ◦ "Superación Actividades Autoevaluación de Tema 5" ◦ "Superación Actividades Autoevaluación de Tema 6"
	Superación Actividades Autoevaluación de Tema 6	Superación de actividades de autoevaluación del tema 6	Los estudiantes son galardonados con esta insignia cuando han cumplido el siguiente requisito: <ul style="list-style-type: none"> • TODAS de las siguientes actividades se han finalizado: <ul style="list-style-type: none"> ◦ "Cuestionario - Autoevaluación Teoría 6 - Cuestionario sobre algoritmos criptográficos" antes de 29 de enero de 2021 ◦ "Juego - Autoevaluación Práctica 6.1 - Crucigrama sobre cifrado simétrico y asimétrico" antes de 29 de enero de 2021 ◦ "Juego - Autoevaluación Práctica 6.2 - Ahorcado de firmas y huellas digitales" antes de 29 de enero de 2021
	Superación Actividades Autoevaluación de Tema 5	Superación de actividades de autoevaluación del tema 5	Los estudiantes son galardonados con esta insignia cuando han cumplido el siguiente requisito: <ul style="list-style-type: none"> • TODAS de las siguientes actividades se han finalizado: <ul style="list-style-type: none"> ◦ "Juego - Autoevaluación Práctica 5.1: Sopa de letras de buscadores genéricos" ◦ "Juego - Autoevaluación Práctica 5.2: Sudoku sobre buscadores especializados y herramientas" ◦ "Juego - Autoevaluación Práctica 5.3: Imagen oculta sobre escaneo y enumeración de sistemas." ◦ "Juego - Autoevaluación Práctica 5.4: Crucigrama sobre explotación de aplicaciones web y bases de datos (Parte II)" ◦ "Juego - Autoevaluación Práctica 5.4: Ahorcado sobre explotación de aplicaciones web y bases de datos (Parte II)" ◦ "Juego - Autoevaluación Práctica 5.5 - Millonario sobre explotación de sistemas, redes y contraseñas."
	Superación Actividades Autoevaluación de Tema 4	Superación de actividades de autoevaluación del tema 4	Los estudiantes son galardonados con esta insignia cuando han cumplido el siguiente requisito: <ul style="list-style-type: none"> • La siguiente actividad debe ser finalizada: <ul style="list-style-type: none"> ◦ "Juego - Autoevaluación Tema 4: Crucigrama de ciberincidentes"
	Superación Actividades Autoevaluación de Tema 3	Superación de actividades de autoevaluación del tema 3	Los estudiantes son galardonados con esta insignia cuando han cumplido el siguiente requisito: <ul style="list-style-type: none"> • TODAS de las siguientes actividades se han finalizado: <ul style="list-style-type: none"> ◦ "Juego - Autoevaluación Prácticas 0 y 3.1: Crucigrama de gestores de contraseñas" ◦ "Juego - Autoevaluación Práctica 3.2: Ahorcado de copias de seguridad" ◦ "Juego - Autoevaluación Práctica 3.3: ¿Quién quiere ser millonario? - Auditorías"
	Superación Actividades Autoevaluación de Tema 2	Superación de actividades de autoevaluación del tema 2	Los estudiantes son galardonados con esta insignia cuando han cumplido el siguiente requisito: <ul style="list-style-type: none"> • La siguiente actividad debe ser finalizada: <ul style="list-style-type: none"> ◦ "Juego - Autoevaluación Tema 2: Sopa de letras de normativa y legislación"
	Superación Actividades Autoevaluación de Tema 1	Superación de actividades de autoevaluación del tema 1	Los estudiantes son galardonados con esta insignia cuando han cumplido el siguiente requisito: <ul style="list-style-type: none"> • La siguiente actividad debe ser finalizada: <ul style="list-style-type: none"> ◦ "HotPot - Autoevaluación Teoría 1: Palabras cruzadas sobre definiciones"

Figure 4. Gamification strategy for self-assessment activities.


	Culminación TODAS Actividades Evaluación	Culminación de TODAS las actividades de evaluación	Los estudiantes son galardonados con esta insignia cuando han cumplido el siguiente requisito: <ul style="list-style-type: none"> • TODAS de las siguientes insignias tienen que haber sido ganadas: <ul style="list-style-type: none"> ◦ "Culminación Actividades Evaluación de Tema 1" ◦ "Culminación Actividades Evaluación de Tema 2" ◦ "Culminación Actividades Evaluación de Tema 3" ◦ "Culminación Actividades Evaluación de Tema 4" ◦ "Culminación Actividades Evaluación de Tema 5" ◦ "Culminación Actividades Evaluación de Tema 6"
	Culminación Actividades Evaluación de Tema 6	Culminación de todas las actividades de evaluación del tema 6	Los estudiantes son galardonados con esta insignia cuando han cumplido el siguiente requisito: <ul style="list-style-type: none"> • TODAS de las siguientes actividades se han finalizado: <ul style="list-style-type: none"> ◦ "Cuestionario - Tarea 6.1: ejercicios de ROT" ◦ "Cuestionario - Tarea 6.2: ISA" ◦ "Tarea - Práctica 6.1: Cifrado simétrico y asimétrico" ◦ "Tarea - Práctica 6.2: Huella y firma digitales"

Figure 5. Gamification strategy for assessment activities: an excerpt.

3 RESULTS

This section presents and discusses, firstly, the results obtained as a consequence of addressing such gamification strategies in the Security in Computer Systems subject. Afterwards, the results of a questionnaire about students' experience are analyzed.

3.1 Gamified Activities

In the six units introduced to students in the Security in Computer Systems subject, each unit has a theoretical and practical part or module. Each part could have an assessment (rated by the professor) as well as self-assessment activities (rated automatically by Moodle platform). However, depending on the context or topic of the unit, some units were more susceptible than others to have assessment or self-assessment activities in the theoretical or practical part.

Table 1 summarizes the number of assessment and self-assessment activities arranged, according to the different units introduced to the students in their theoretical and practical parts, as well as the total number of them.

Figure 6 Table 1. Number of developed assessment and self-assessment activities classified by units (T = Theoretical part and P = Practical part)

Activity types	Unit 1		Unit 2		Unit 3		Unit 4		Unit 5		Unit 6	
	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
Assessment	1	0	2	0	2	3	2	0	2	5	2	2
Self-assessment	1	0	1	0	0	3	1	0	0	6	1	2
Total	2	0	3	0	2	6	3	0	2	11	3	4

Each activity was evaluated with a score (from one to ten), rewarding the student with a pink star medal, a green star medal, a gold medal gold and/or a trophy whether he/she accomplished some/all of the gamification strategies described in Section 2.2. In this way, Table 2 reports the number of the different types of medals achieved by the students in the different units for the assessment and self-assessment activities.

Since the total number of students enrolled in the subject was 115, it can be observed from Table 2 that there was a large participation of students who won medals at the beginning of the course. However, this was reduced as the units progressed. Section 3.2 enumerates some reasons given by students for which they did not complete all the activities, what could justify some of these results.

Although Table 1 and Table 2 summarize the results of the different assessments and rewards, the Moodle platform allows the student to check at any time the medals obtained, checking their progress during the course. Figure 6 illustrates a Moodle student profile showing all the badges earned by him/her.

Table 2. Number of students who earned badges classified by activity types.

Self-assessment		Assessment	
Unit-1 pink star medal	63	Unit-1 green star medal	102
Unit-2 pink star medal	30	Unit-2 green star medal	110
Unit-3 pink star medal	44	Unit-3 green star medal	81
Unit-4 pink star medal	53	Unit-4 green star medal	89
Unit-5 pink star medal	41	Unit-5 green star medal	85
Unit-6 pink star medal	47	Unit-6 green star medal	69
Gold trophy	17	Gold medal	57

Información de contacto del CAU

Alumno Matriculado

Escuela Superior de Ingeniería Avenida de la Universidad nº 10 11519 Puerto Real Cádiz Spain

Número de ID

0138534

Insignias

Insignias de Campus Virtual UCA:



Figure 6. All badges earned by one of the students.

3.2 Students' Feedback

To get students' feedback from such learning and innovation experience, a completely anonymous questionnaire with the following 15 questions with 5-point Likert-scale (1 = strongly disagree, 5 = strongly agree) was conducted after course completion:

- Q1: I have regularly attended virtual 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 subject.
- 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: I have felt more motivated during learning by earning Moodle badges as I passed all the *self-assessment* activities for a given unit.
- Q10: As for the *assessment* activities, they have allowed me to reinforce my knowledge of the subject.
- Q11: I found the *assessment* activities very difficult.
- Q12: I felt more motivated during learning by earning Moodle badges as I completed all the *assessment* activities for a given unit.
- Q13: Group internships have camouflaged colleagues who have not really worked or have not really learned enough.
- Q14: In relation to the contents taught in the course, I found the exams to be very difficult.

- Q15: I believe that this type of gamified activities should continue to be proposed in this and other subjects.

Table 3 presents the results, in percentages, of students' responses to such questions. A total of 41 students completed this questionnaire. From the answers to question Q1, it can be observed that most of them regularly attended virtual 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 in Table 3).

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

Question	Answer (5-point likert scale)				
	1	2	3	4	5
Q1	0	2.44	0	4.88	92.68
Q2	21.95	19.51	48.78	9.76	0
Q3	0	2.44	2.44	43.90	51.22
Q4	2.44	9.76	4.88	39.02	43.90
Q5	9.76	17.07	9.76	19.51	43.90
Q6	0	4.88	19.51	31.71	43.90
Q7	17.07	34.15	43.90	4.88	0
Q8	9.76	17.07	21.95	19.51	31.71
Q9	12.20	7.32	41.46	24.39	14.63
Q10	4.88	4.88	2.44	56.09	31.71
Q11	12.19	36.59	31.71	19.51	0
Q12	14.63	2.44	46.35	14.63	21.95
Q13	29.27	29.27	19.51	12.20	9.75
Q14	14.63	43.90	29.27	12.20	0
Q15	4.88	0	12.20	39.02	43.90

Regarding *self-assessment* activities, 43.90% of the respondents completed all the self-assessment activities proposed in the course, while 19.51% of them completed most of these activities (see Q5). However, 9.76% of respondents did not complete any activities and 17.07% of them only complete some of them for several reasons: (a) a part of them did not have enough time to do these self-assessment activities in the established deadline, (b) a few of them did not like these activities to review the course contents, (c) others considered some of the activities very extensive, or problematic since some game interfaces did not work correctly. Moreover, around 75% of the respondents affirmed that the self-assessment activities allowed them to reinforce their knowledge of the subject (see Q6). Additionally, these activities were not difficult for around 51% of students (see Q7). Nevertheless, more than 26% of respondents considered that the maximum number of attempts (3) to complete the self-assessment activities was not enough (see Q8), for example, in the millionaire game. Notably, around 39% of them felt more motivated during learning by earning Moodle badges as they passed all the self-assessment activities for a given unit, whereas 12% of them were not motivated for this activity type (see Q9).

Regarding *assessment* activities, these allowed most of students (87%) to reinforce their knowledge of the subject (see Q10). For some of them (12%), these activities were very easy, while for others (19%) the activities were difficult; the rest considered them in an intermediate level of difficulty (see Q11). Around 36% of respondents felt more motivated during learning by earning Moodle badges as they completed all the assessment activities for a given unit (see Q12), whereas 14% were not motivated at all.

It should be point out that around 21% of respondents considered that group internships camouflaged colleagues who did not really work or learn enough (see Q13).

In relation to the contents taught in the course, most of them did not find the exams difficult (see Q14). This means that the level of difficulty of exams was like the difficulty of the activities conducted during the course.

Remarkably, around 82% of respondents believed that this type of gamified activities should continue to be proposed in this and other subjects (see Q15). In general, students' feedback was very positive as follows: (a) *"self-assessments are the best way of learning"*, (b) *"from my point of view, it has been one of the best-planned subjects of this semester, it is quite good as it is"*, (c) *"self-assessments and practice activities, syllabus and slides are very good quality and I would like to see them maintained in the future"*, (d) *"the practices and classes in general have been interesting and entertaining, so that the course has been enjoyable"*, (e) *"very dynamic and easy to follow classes and contents"*, and (f) *"self-assessment and assessment activities have been very useful to pay attention to the classes, especially in times of online learning"*.

4 CONCLUSIONS

The innovative teaching experience, presented in this paper, has allowed us to adapt the Security in Computer Systems subject to the "new normality" that makes up for the shortcomings and difficulties derived from traditional online teaching.

The results have demonstrated that this teaching innovation project has been successful in improving the distance learning of security in computer systems in time of crisis through serious games.

As future work, the lessons learned during the development of this teaching experience will be extrapolated and applied to other subjects in the following courses.

ACKNOWLEDGEMENTS

This teaching innovation project was supported by the University of Cadiz [grant numbers sol-202000162077-tra and sol-202100191878-tra]. We would like to thank all the students enrolled in the Security in Computer Systems subject for their participation in this teaching innovation project during the 2020 – 2021 academic course.

REFERENCES

- [1] World Health Organization, "Coronavirus disease (COVID-19)," 2021. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019> (accessed May 08, 2021).
- [2] University of Cadiz, "Delegación de Estudiantes – Escuela Superior de Ingeniería," 2021. <https://esingenieria.uca.es/estudiantes/delegacion/> (accessed May 08, 2021).
- [3] University of Cadiz, "Programa docente de la asignatura Seguridad en los Sistemas Informáticos," 2021. <https://asignaturas.uca.es/asig/2020-21/21714059/> (accessed May 08, 2021).
- [4] European Commission, "European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS)," 2021. https://ec.europa.eu/education/resources-and-tools/european-credit-transfer-and-accumulation-system-ects_en (accessed May 12, 2021).
- [5] P.-C. Sun, R. J. Tsai, G. Finger, Y.-Y. Chen, and D. Yeh, "What drives a successful e-Learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction," *Comput. Educ.*, vol. 50, no. 4, pp. 1183–1202, May 2008, doi: 10.1016/j.compedu.2006.11.007.
- [6] A. Balderas, L. De-La-Fuente-Valentin, M. Ortega-Gomez, J. M. Dodero, and D. Burgos, "Learning Management Systems Activity Records for Students' Assessment of Generic Skills," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 15958–15968, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2816987.
- [7] University of Cadiz, "Virtual Campus," 2021. <https://campusvirtual.uca.es/en/> (accessed May 08, 2021).
- [8] A. Calderón, J. Boubeta-Puig, and M. Ruiz, "MEdit4CEP-Gam: A model-driven approach for user-friendly gamification design, monitoring and code generation in CEP-based systems," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 95, pp. 238–264, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.infsof.2017.11.009.