

Un sistema de evaluación de innumerables variantes para tiempos de confinamiento

Javier Romero ^a, Felipe Romero ^b, Gerardo Bandera ^a, Luis F. Romero*^a

^aDept. Arquitectura de Computadores, Univ. de Málaga; ^bETSII, Univ. Politécnica de Madrid

ABSTRACT

En apenas unos meses, y debido a la pandemia mundial del COVID19, se ha producido un cambio dramático en el contexto educativo que ha obligado a los docentes de todo el mundo a resolver problemas académicos que inmediatamente antes de esta crisis resultaban completamente impensables. Y entre ellas, ha sido probablemente la evaluación *online* el aspecto que más situaciones de estrés ha podido generar (y no solo a los alumnos sino también a profesores). En este trabajo se presenta un prototipo de examen para una asignatura de Fundamentos de Computadores, que consiste esencialmente en variaciones y combinaciones de preguntas montadas en un servidor Web, y que, al estar sustentadas en un conjunto de simuladores de los distintos conceptos de los que trata la asignatura, permiten que el número total de exámenes diferentes que se generan en el servidor sea descomunal. Este prototipo, por una parte, simplifica la labor de vigilancia por parte del profesor, ya que la posibilidad de que dos alumnos tengan exámenes parecidos es prácticamente nula; y, por otro lado, reduce significativamente el estrés del alumno, ya que éste dispone previamente de infinidad de exámenes con los que puede practicar. Un claro incremento del porcentaje aprobados en el curso 2019/20, y un altísimo grado de satisfacción de alumnos y profesores son algunos de los indicadores que apuntan a las ventajas del prototipo.

Keywords: Fundamentos de computadores, evaluación *online*, simuladores, confinamiento

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación dentro del proceso de educación universitaria es ese "mal necesario" que muchos querían suprimir, pero es completamente esencial, y no solo por la masificación de la enseñanza —ya que en cierta manera debemos valorar el trabajo realizado y el nivel de conocimiento adquirido de una forma individual—, sino también porque, a través de ella, el estudiante está obligado y motivado para buscar un mayor grado de conocimiento, a la vez que aprende a auto-controlarse en situaciones difíciles.

Establecer la manera de llevar a cabo la evaluación requiere especial atención, y más que para determinar el grado de conocimiento de un alumno, es para estimar su habilidad para usarlos. El contenido de los test de evaluación debe ser preparado evitando preguntas de naturaleza memorística, pues deben incluir aspectos que sirvan para detectar la habilidad para aplicar, generalizar o sintetizar conceptos. Otra consideración importante que afecta a la evaluación es el hecho de que un número demasiado elevado de alumnos estudian exclusivamente con el objeto de aprobar, y no para aprender. Para compensar esta tendencia se debe, en primer lugar, prestar una especial atención a la forma de evaluación, para que ambos objetivos (tanto el de aprobar como el de aprender) converjan en la cota superior. Pero, en segundo lugar, es completamente necesario establecer mecanismos de vigilancia durante las pruebas de control para persuadir a los alumnos que pretenden aprobar sin necesidad de aprender, por expresarlo con un eufemismo. No es necesario recordar que el alumno que se copia, al favorecer la mediocridad, no sólo se perjudica a él mismo, sino también a los que aprueban los exámenes por sus propios méritos —en la medida en que se devalúa el "aprobado" —, y en general, a todo el proceso educativo. Cuando se combinan la masificación en las aulas con la necesidad de control, el examen conjunto —en un aula vigilada— ha sido, hasta ahora, el único mecanismo viable de evaluación justa, desde el punto de vista del control. Sin embargo, cuando la presencia del alumno en el aula o el recinto de examen es inviable, como ha ocurrido recientemente durante la crisis del virus COVID-19, el profesorado se ha encontrado en una situación en la que la justicia, que debería prevalecer en el proceso de evaluación, es completamente superada por unas circunstancias en las que la picaresca, y la consecuente penalización al buen alumno, tienen muchas posibilidades de ganar.

* felipe@uma.es, tlf. 656358240

Para evitar esta injusta situación, los evaluadores disponemos de numerosas herramientas que la tecnología actual nos facilita, como son las salas virtuales mediante videoconferencia, las pruebas con preguntas aleatorias, los resultados calculados de la herramienta Moodle [1], e incluso las numerosas herramientas anti-plagio, ya sean genéricas o elaboradas *ad hoc*. Sin embargo, el principal aliado de la justicia en el proceso de evaluación en tiempos de confinamiento es sin duda, el tiempo: cuando el margen temporal disponible para realizar la prueba es muy ajustado, resulta más difícil conseguir que otros compañeros te puedan ayudar a realizar tu propio examen, ya que apenas disponen de tiempo suficiente para el suyo propio.

1.1 Sistema de evaluación propuesto, en el contexto de la pandemia de 2020

Durante el período de confinamiento, que en España se inició con efectos académicos el 13 de marzo de 2020 y ha continuado vigente hasta el período de examen en junio, los profesores de la asignatura Fundamentos de Computadores de la Escuela de Ingenieros Industriales de la Universidad de Málaga, en colaboración con alumnos y ex-alumnos de la asignatura, han elaborado un novedoso sistema de evaluación, basado en un conjunto de simuladores [2] que combina la aleatoriedad en las preguntas y el tiempo disponible para hacer el examen que hace prácticamente imposible que un alumno pueda conseguir asistencia de un compañero que esté haciendo su examen de forma simultánea.

Los simuladores son completamente transparentes al alumno, y se utilizan, en primer lugar, para la generación de una variante exclusiva del examen, en segundo lugar, para que esas variantes generadas tengan preguntas congruentes y equilibradas; y, en tercer lugar, para que la corrección pueda automatizarse. Es importante destacar que, durante el examen, el alumno recibe una variante única del examen. En definitiva, el simulador actúa para generar el examen y para corregirlo, pero en ningún caso interviene o es accesible durante el tiempo del examen.

Por otra parte, el número de combinaciones posibles en las componentes aleatoria de cada uno de los exámenes parciales realizados es tan elevado (supera ampliamente las 10^{10} combinaciones), que innumerables variaciones del examen se han podido entregar previamente a los alumnos para que practiquen con ellos una y otra vez, evitando, de esa forma, la dolorosa “sorpresa” de no conocer el tipo de examen, y a la vez, aumentando el grado de formación.

1.2 Estado del arte

La Educación a Distancia no es nueva. Su origen se remonta a la última parte del siglo XIX y comienzos del siglo XX cuando las personas no podían viajar largas distancias hasta instituciones de Educación Superior. En los últimos 20-25 años, y gracias al auge de internet, muchas instituciones han ido potenciando sus ofertas de educación a distancia. Esto ha supuesto, por un lado, la posibilidad de tener nuevos canales y/o potenciales alumnos, y por otro, la oportunidad de transformar la enseñanza para afrontar con garantías el panorama tan competitivo en el que estamos [3]. En el año 2000, Volery y Lord identificaron en [4] tres aspectos críticos a la hora de conseguir una enseñanza a distancia de calidad: la tecnología utilizada (facilidad de acceso y navegación, interfaz de usuario amigable, el tipo de instructor (su actitud frente a los alumnos, su habilidad técnica con las herramientas, la interacción con la clase, etc.) y la destreza tecnológica por parte del alumnado.

Es importante destacar que con la educación *online* el papel del alumnado pasa de ser un mero receptor pasivo de conocimientos a ser un agente activo de aprendizaje [5]. En este sentido, Draves presentó en [6] diez razones por las que el aprendizaje a distancia es más popular y mejor, cognitivamente hablando, que el presencial. En cuanto al profesorado, Medina y Miranda [7] determinaron las características que hacen que un profesor sea más adecuado para lograr una gran aceptación del alumnado en cursos que pasan de ser presenciales a *online* síncronos. Los resultados muestran que los mejores docentes son normalmente jóvenes, con excelentes habilidades tecnológicas, facilidad para la interacción interpersonal y buenas dotes sociales. También destacan los profesores con experiencia, con buenas habilidades tecnológicas, y excelentes técnicas didácticas.

Existen en la literatura numerosas comparativas de los resultados de evaluación usando exámenes *online* y presenciales. Muchos de ellos presentan resultados similares para ambos métodos [8,9,10], mientras que hay otros que muestran justamente lo contrario, que unos tipos de exámenes producen mejores resultados que otros [11,12,13]. Stowell et al demuestran, en [14], que las evaluaciones *online* generan un número alumnos presentados notablemente inferior al caso presencial (sobre un 20%). Esto puede ser debido a la ansiedad que este tipo de evaluación les produce, y el saber que los profesores pierden el control de las condiciones en las que cada estudiante realiza el examen: puede hacerlo sin haber ido nunca a clase, con la ayuda de otro compañero, en grupo, etc. Todo ello puede hacerles pensar que ese tipo de evaluación va a influir negativamente en su calificación.

Recientemente, y debido a de la pandemia COVID-19 que estamos sufriendo a nivel mundial, algunos autores analizan el uso masivo y generalizado de la enseñanza y evaluación *online*, así como los resultados y consecuencias que esto está produciendo. La importancia de tener disponible un buen sistema de educación a distancia implicaría poder dar solución a épocas de confinamiento como las que actualmente vivimos. Esto hará que un gran número de estudiantes de todo el mundo, incluidos los de países en vías de desarrollo o incluso del tercer mundo, puedan disfrutar del derecho a la educación con muchas garantías. En este sentido, Basilaia y Kvavadze presentan en [15] como afectó el uso de una herramienta de educación a distancia en un país europeo. Por otro lado, en [16] se analiza el desastre psicosocial que una época de confinamiento puede producir en la población de un país tercermundista si se degrada la enseñanza. Finalmente, George en [17] demuestra que el uso de estrategias *online* apropiadas para la enseñanza y la evaluación durante la COVID19 evitan que se degrade el rendimiento de los estudiantes. Al mismo tiempo, analiza los principales beneficios de este tipo de metodologías y muestra algunos ejemplos de posibles exámenes *online*.

2. ALEATORIEDAD Y SIMULACIÓN

La aleatoriedad en las preguntas es tan antigua como los propios exámenes. Ya sea de una u otra forma, los profesores hemos recurrido a un cambio aleatorio de algún elemento en la pregunta de examen para conseguir las variaciones necesarias para conseguir que el alumno se estudie el concepto en lugar de la respuesta. En una mayoría de casos, la parte aleatoria (y variable) de la pregunta se obtiene a partir de un conjunto discreto de elementos, que pueden ser números —¿Cuánto es $4 + \{7,8,9\}$?—, valores booleanos —El complemento a 16 de 5 {es, no es} 11—, o incluso colores —Si el semáforo está {verde, rojo, amarillo}, ¿se puede cruzar?—. Normalmente, para cada elemento del conjunto (que podríamos llamar “de entrada”), existe una respuesta diferente que puede ser calculada mediante expresión matemática, o en la mayoría de los casos, debe ser establecida más o menos de forma manual. Es evidente que este segundo caso es el que requiere especial atención, pues seguramente representa a la abrumadora mayoría de las preguntas de examen.

Salvo para aquellos casos en los que el tamaño máximo del conjunto de entrada (elementos variables en la pregunta) sea muy reducido, lo normal es que los docentes, especialmente en el campo de las TIC, tengan que calcular el resultado correspondiente (conjunto de salida, o de respuestas) empleando un tiempo más o menos considerable. Y es precisamente por este motivo por el cual, usualmente, el conjunto de entrada es pequeño (y habitualmente procede de una recopilación de exámenes anteriores).

Pero, ¿y si podemos automatizar el cálculo de la respuesta? Supongamos un examen de diseño de máquinas en el que se dispone de un simulador que permita calcular el par de salida en un complejo sistema de engranajes y motores. Evidentemente, el profesor podría elaborar sus propias tablas con cierta rapidez, para poder disponer de tantas disposiciones de entrada como alumnos hay en su curso. Pero incluso en este caso, el esfuerzo del docente es suficientemente alto como para no resistirse a la tentación de reducir el número de casos.

Pero, ¿y si vamos más allá? ¿Y si el propio editor que genera el texto del examen, incorpora un simulador específico sobre el contenido de cada pregunta del examen? En este caso, el conjunto de elementos de entrada podría crecer en varios órdenes de magnitud sin que el profesor necesite determinar la respuesta concreta a cada conjunto de entrada, pues el simulador puede calcular soluciones no triviales de forma inmediata.

2.1 Los simuladores

En el caso concreto de la asignatura Fundamentos de Computadores, que ha servido de campo de entrenamiento improvisado para este trabajo, el conjunto de contenidos de la misma se definió atendiendo a las recomendaciones de la ACM, e incorpora materias muy variadas como la representación binaria de la información, la arquitectura del juego de instrucciones, el diseño de la vía de datos del computador, la jerarquía de memoria, sistemas de entrada y salida, e incluso algunos temas del sistema operativo, como la gestión del uso de la CPU o los sistemas de memoria virtual paginada.

Afortunadamente, en los meses previos al confinamiento, un grupo de profesores y alumnos de la asignatura comenzaron a desarrollar un conjunto de simuladores específicos para cada una de las materias mencionadas, cuyo objeto no era el de evaluar al alumno, sino facilitar el aprendizaje. Así, se desarrollaron simuladores para cada una de las partes principales que constituyen los fundamentos arquitecturales de un computador, divididos en 4 módulos:

Módulo 1: Representación de datos

- Codificador alfanumérico: Aplicación para visualizar la codificación y decodificación de caracteres de alfabetos de todo el mundo, diseñada para que el alumno comprenda la diferencia entre las distintas formas de codificar la información (ASCII, ANSI, ISO, UNICODE, etc.), así como los problemas derivados de una incorrecta decodificación de los textos.
- Dos codificadores de naturales y enteros, con una visualización detallada del proceso de codificación, para los formatos más utilizados (BCD, binario natural, complemento a dos, etc.)
- IEEE-754: Muestra el proceso de codificación y decodificación de números en punto flotante en el formato IEEE-754, usado en todos los microprocesadores.

Módulo 2: Electrónica Digital básica

- Multiplexor: Es el componente que más se usa en el diseño del microprocesador y con un funcionamiento muy simple. Se implementó un decodificador de señales y otro de buses.
- Registros y contadores: Simulador que instruye al alumno en el funcionamiento de un registro y en su temporización de los circuitos secuenciales.
- Círculo sumador-restador: Este simulador se programó con 3 modos de trabajo y varias combinaciones: modo básico o sumador, modo restador, y modo sumador-restador. Incorpora, además, el simulador de los circuitos *full-adder* internos.

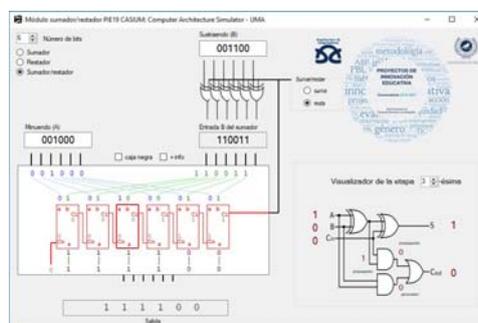


Figura 1. Pantalla principal de uno de los 15 simuladores desarrollados para la asignatura (módulo sumador-restador, que incorpora el simulador de un sumador completo).

Módulo 3: Componentes de la CPU

- Memoria de Instrucciones y Unidad de Control: En esta aplicación, el bus de salida del contador de programa se utiliza para seleccionar una instrucción de una memoria (de pequeño tamaño y aleatoriamente iniciada), que aparece en el bus de salida del circuito. Es de sobra conocido (en el área de conocimiento, obviamente) que la instrucción no es más que una secuencia binaria indistinguible de cualquier otras, por lo que, las secuencias deben ser interpretables como instrucciones y no como datos. Por este motivo, la memoria de trabajo tiene dos modos de trabajo:

- En el modo básico, la memoria sólo almacena secuencias binarias. En este caso, nada la diferenciaría de una memoria de datos, salvo la propiedad de que es de “sólo lectura”.
- En el modo decodificado, la secuencia binaria es interpretada como una instrucción MIPS o ARM (según opción configurable)

- Banco de Registro: Sin duda, nos encontramos con la más importante de las aplicaciones propuestas. Teniendo en cuenta que el banco de registros participa en dos de las cinco etapas del procesador MIPS (un pilar esencial en la docencia del área), entender perfectamente su funcionamiento es ineludible para un buen aprendizaje de la materia.

Se simula un banco con 32 registros, de 32 bits cada uno (aleatoriamente inicializados), con dos puertos de lectura y uno de escritura.

c) Memoria de Datos: La programación de esta aplicación reaprovecha muchos de las clases y métodos que se utilicen en las correspondientes para la memoria de instrucciones y el banco de registro. Tiene dos modos de operación:

- Modo ROM (memoria de sólo lectura).
- Modo RWM, con capacidad de lectura y escritura.

Módulo 4: Simuladores generales

a) Microprocesador MIPS: En realidad, esta aplicación sólo combina las cuatro aplicaciones previas (Unidad aritmética, Memoria de Instrucciones, Banco de Registro y Memoria de Datos).

Sin embargo, la complejidad de este módulo va mucho más allá, ya que, en este caso, las entradas y salidas de los cuatro módulos afectados están enlazados, de la misma forma que los bloques básicos de un procesador real están físicamente conectados entre sí.

b) Retrasos en la CPU: La aplicación consiste en demostrar la influencia que tienen los retardos de propagación de las señales en los circuitos digitales sobre la frecuencia de reloj de un microprocesador. Se propone utilizar como referencia la CPU basada en el MIPS reducido que se utiliza en la docencia de gran parte de las asignaturas de fundamento y arquitectura de computadores, y que a su vez es muy similar al procesador MIPS.

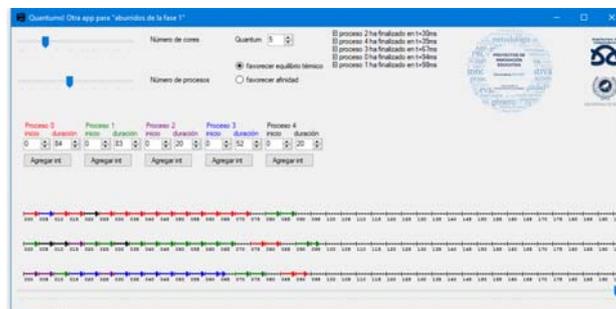


Figura 2. Simulación del reparto del tiempo de CPU entre distintos procesos en una arquitectura *multi-core*.

Adicionalmente, durante el último mes de docencia de la asignatura se desarrollaron dos simuladores más, relacionados con las correspondientes funciones del sistema operativo como gestor de memoria virtual y tiempo de CPU. Cada una de las aplicaciones contiene, al menos, un simulador, encapsulado como un objeto programado en el lenguaje de programación C#. Muchas de estas aplicaciones (compiladas para sistemas Windows) han sido publicadas en la plataforma Microsoft Store de forma gratuita, para facilitar la distribución entre el alumnado [2].

3. DISEÑO DEL EXAMEN

El enunciado del examen de un determinado alumno en un determinado lugar e instante se obtiene en una *url* tras introducir su DNI. La página, programada con lenguajes *php* y *javascript*, genera un examen exclusivo, en dos modalidades. En el modo *entrenamiento*, el enunciado recuperado cambia con cada recarga de la página, y permite al alumno ensayar. En modo *lanzamiento*, es decir, durante el examen en sí, el enunciado no depende de la hora, sino sólo del día, pudiendo así reutilizarse en otras convocatorias. El cambio de modo se produce automáticamente a la hora de la prueba.

Pregunta 3. (0.4 puntos)

Supongamos tres procesos **A**, **B** y **C**, que requieren **30 ms**, **27 ms** y **20 ms** de tiempo de CPU, respectivamente, con idéntica prioridad, y que son lanzados en el orden **A**, **B** y **C**, con un quantum de 5 ms. Si a los **9 ms** del tiempo de ejecución (tiempo de cpu) del proceso **A** se produce una solicitud de E/S que bloquea este proceso durante **19 ms**, contesta a las siguientes cuestiones:

Figura 3. Enunciado de una pregunta del examen, con la parte exclusiva del enunciado (componente aleatoria) marcada en negrita.

3.1 Generación de la parte aleatoria de las preguntas

El cálculo de los valores aleatorios necesarios para dar un valor a los conjuntos de entrada de las correspondientes preguntas se obtiene de la siguiente forma: *i)* Se genera una cadena de caracteres de entrada única, formada por la concatenación del DNI del alumno, la fecha y hora exacta —al segundo—, de la generación de la página del examen, la IP pública, la IP privada, y una palabra secreta. *ii)* Se obtiene una cadena de 160 bits utilizando el algoritmo SHA1 (*Secure Hash Algorithm*, ver. 1).

Tabla 1. Cálculo de los valores aleatorios.

DNI	Fecha y hora	IP pública	IP privada	Palabra secreta
25094239H	20200923113345	083177045033	192168001031	*****
sha1('25094239H20200923113345083177045033192168001031*****') =				
01001101000110110110111111111011010011100100011001110000011110101100101001011101001010011001101011100000111011000001011111001011100110001101001111110000110				

El número potencial de combinaciones de la secuencia *hash* es de alrededor de 10^{48} . *iii)* El examen contiene alrededor de 50 variables de entrada de distinto tipo (booleanas, enteros en un rango, conjunto discreto, etc.), por lo que generamos, a partir de subcadenas arbitrarias de la secuencia *hash*, unos 50 números aleatorios. Veamos una pregunta de ejemplo:

- Convierte el número flotante **-val1(\$rnd1)** a IEEE754, y representa el resultado en **val2(\$rnd2)**

Los números **\$rnd1** y **\$rnd2** son de 5 y 1 bit respectivamente, en el ejemplo, y que podrían ser los 6 primeros bits de la cadena *sha1*. Una función específica convierte el número aleatorio, en el correspondiente elemento del conjunto de entrada. Así, en el ejemplo, si **\$rnd1** es **01001**, el valor que le corresponde es **val1=10010.011** (18.375). Como se puede observar, se intenta que la correspondencia entre **\$rnd1** y **val1** genere secuencias para que las preguntas sean de similar dificultad, por lo que se mantiene una parte no aleatoria. El resultado, para un determinado alumno, en un determinado instante, es

- Convierte el número flotante **-18.375** a IEEE754 y representa el resultado en **hexadecimal**

3.2 Implementación de los simuladores y cálculo de respuestas

Es evidente que sería inviable para el profesor, cuando el número de alumnos es alto, que no pudiera calcularse una respuesta automáticamente para cada enunciado. En este trabajo hemos implementado alrededor de 12 simuladores de los ya existentes en lenguaje *C#* (véase la sección 2.1), utilizando el lenguaje *php*, para obtener automáticamente la respuesta para cada enunciado del examen. Es natural que el esfuerzo enorme de traducción e implementación de los objetos *C#* a *php* sólo tiene recompensa si se diseña un examen que pueda reutilizarse en muchas convocatorias futuras, y más aún, que el alumno pueda utilizarlo libremente a modo de entrenamiento; y esa es precisamente la idea que se refleja en el título de este artículo: hemos desarrollado un examen definitivo (o casi), para evaluar una parte importante de la asignatura, y que, además, sirva de entrenamiento para el alumno:

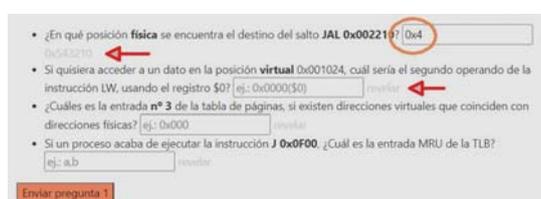


Figura 4. Parte del enunciado de una pregunta del examen (en modo *entrenamiento*). Tras cada pregunta, aparece un elemento con el texto “revelar” (segunda flecha roja), que, al ser marcado con el ratón, muestra la respuesta correspondiente (primera flecha). Observe también que, al rellenar cualquier campo, aparece resaltado (en color llamativo) el botón de envío.

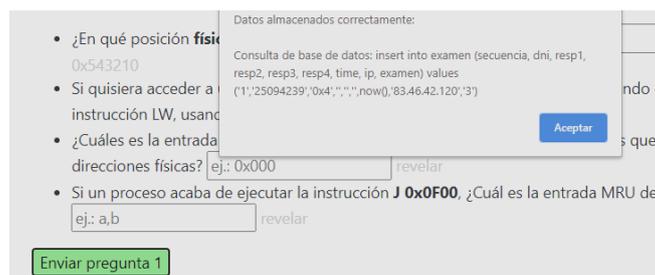


Figura 5. Cada grupo de 3 o 4 preguntas se envía independientemente, en su propio formulario (usando tecnología Ajax), y se pueden realizar varios envíos, quedando todos ellos guardados en una base de datos. El botón en verde indica un envío exitoso tras cualquier cambio en algún campo. Un mensaje emergente avisa del correcto almacenamiento de la información en la base de datos.

Finalmente, se incorpora un tercer modo de funcionamiento (modo *corrección*) (Fig. 5) que evalúa automáticamente cada apartado, según criterios de similitud establecidos automáticamente por el profesor, y facilitando enormemente la labor de evaluación. Dado que el alumno puede enviar más de una respuesta, la evaluación elige la última entregada.

Respecto a la posibilidad de que el alumno pueda utilizar los simuladores en los que se sustenta este trabajo como ayuda adicional durante el examen, entendemos que la habilidad y el tiempo necesario para trasladar a los simuladores las cuestiones concretas, consultar los resultados y trasladar respuestas al examen sólo sería posible en casos de alumnos muy sobresalientes.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Hay que ser conscientes de que, en circunstancias excepcionales como las acaecidas en el curso 20/21, cualquier conclusión estadística obtenida mediante comparación con otros cursos debe ser manejada con mucho cuidado. En particular, con los datos de alrededor de 109 alumnos presentados a examen, han aprobado el 100% y su calificación media mejora a la del curso anterior en torno a 0.6 puntos, aunque es imposible determinar que esta mejora se deba al nuevo *modo entrenamiento* del examen o que no haya habido copias. Lo que sí se ha podido observar, a través de los casi 2000 registros en la base de datos, es que los alumnos han contestado alrededor de 3.3 exámenes completos en *modo entrenamiento* (además de los realizados sin entrega, usando la opción *revelar respuesta*). Respecto a si se han copiado o no durante el examen, es casi imposible determinar, pero indagaciones anónimas a través de sus propios compañeros confiesan que “era casi imposible, porque todos los exámenes eran muy diferentes y apenas daba tiempo”.

El aspecto más importante del método de evaluación propuesto reside en el inmenso número de combinaciones posibles de exámenes que hacen prácticamente imposible que dos pruebas elegidas al azar muestren alguna similitud. Pero para poner en valor las cualidades, veamos una simple comparativa con otro escenario. Supondremos a continuación que se le presentan al alumno 20 cuestiones (creemos que es un número suficientemente elevado como para que gran parte de la materia quede cubierta por las preguntas). En el escenario ofrecido por Moodle se seleccionarían 20 preguntas de tipo azar. En cada una, se seleccionaría una entre 10 preguntas. Como ventajas, se aprecia un elevado número de combinaciones que hacen muy difícil que dos exámenes sean iguales. Como inconvenientes, se aprecia un posible desequilibrio entre exámenes, la posibilidad de dejar lagunas, la dificultad de redactar 200 preguntas y determinar sus correspondientes respuestas. Respecto a reutilizar el examen, es probable que, en sucesivos cursos, los alumnos puedan estudiar las 200 respuestas sin comprender cómo se resuelven. En nuestro escenario, por otra parte, tendríamos alrededor de 20 preguntas con una media de 256 combinaciones (8 bits aleatorios) por pregunta, cuya respuesta se calcula automáticamente. Además, el número de combinaciones puede crecer sin aumentar la complejidad, por lo que resulta imposible aprenderse las respuestas, sin saber el procedimiento de resolución.

En definitiva, en este artículo se muestra cómo mediante el uso de simuladores específicos para la materia, resulta posible diseñar un examen con innumerables variantes que facilite la evaluación y la formación en circunstancias académicas complicadas como las que hemos sufrido en 2020.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todos los profesores y alumnos de la asignatura Fundamentos de Computadores su predisposición a colaborar en el desarrollo de este trabajo, y muy especialmente a los que, con sus valiosas sugerencias, han contribuido a mejorar el sistema. También queremos agradecer al departamento de Arquitectura de Computadores de la Universidad de Málaga, por facilitar la docencia virtual en forma de recursos económicos y humanos. Y por supuesto, a la propia Universidad, por la financiación de este trabajo, a través del Proyecto de Innovación Educativa PIE-19-096 (CASIUM), perteneciente a su Plan Propio de Docencia.

REFERENCIAS

- [1] Rice, W. H. Moodle: e-learning course development. ACM. (2006).
- [2] Bandera, G., Romero, L.F., Microsoft Store, *ms-windows-store://publisher/?name=Luis F. Romero* (visitado el 24/09/2020).
- [3] Poehlein, G.W., "Universities and information technologies for instructional programmes: issues and potential impacts", *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 8 No. 3, pp, 283-290 , (1996)
- [4] T. Volery, D. Lord, "Critical success factors in online education". *International Journal of Education Management*, 2000, DOI: 10.1108/09513540010344731
- [5] Candy, P.C., Crebert, G. and O'Leary, J., "Developing Lifelong Learners through Undergraduate Education", National Board of Employment, Education and Training, Australian Government Publishing Service, (1994)
- [6] Draves, W. A. *Teaching online*. River Falls, WI: Learning Resources Network (LERN) , (2002)
- [7] L.M.Medina-Herrera, J.C Miranda-Valenzuela, "What Kind of Teacher Achieves Student Engagement in a Synchronous Online Model?", *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* , (2019)
- [8] Avery, R. J., Bryant, W. K., Mathios, A., Kang, H., & Bell, D. Electronic course evaluations: Does on online delivery system influence student evaluations? *Journal of Economic Education*, 37(1), 21–38, (2006)
- [9] Donovan, J., Mader, C., & Shinsky, J. Constructive student feedback: Online vs. traditional course evaluations. *Journal of Interactive Online Learning*, 5(5), 283–296, (2006)
- [10] Gamliel, E., & Davidovitz, L. Online versus traditional teaching evaluation: Mode can matter. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 30, 581–592, (2005)
- [11] W. B. Burton, A. Civitano, P. Steiner-Grossman "Online versus paper evaluations: differences in both quantitative and qualitative data", *J Comput High Educ*. 24:58–69, DOI 10.1007/s12528-012-9053-3, (2012)
- [12] Carini, R. M., Hayek, J. C., Kuh, G. D., Kennedy, J. M., & Ouimet, J. A. College students responses to web and paper surveys: Does mode matter? *Research in Higher Education*, 44(1), 1–19. (2003)
- [13] Kaslar, J. B., Schroeder, S. L., & Holstad, S. G. Comparison of traditional and web-based course evaluation processes in a required, team-taught pharmacotherapy course. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 66, 268–270. , (2002)
- [14] Jeffrey R. Stowell, William E. Addison and Jennifer L. Smith, "Comparison of online and classroom-based student evaluations of instruction", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, Vol. 37, No. 4, 465–473, ISSN 0260-2938, Taylor & Francis, <http://dx.doi.org/10.1080/02602938.2010.545869>, (2012)
- [15] Giorgi Basilaia, David Kvavadze, "Transition to Online Education in Schools during a SARS-CoV-2 Coronavirus (COVID-19) Pandemic in Georgia", *Pedagogical Research*, 5(4), em0060, e-ISSN: 2468-4929, (2020)
- [16] Najmul Hasan and Yukun Bao*, "Impact of "e-Learning crack-up" perception on psychological distress among college students during COVID-19 pandemic: A mediating role of "fear of academic year loss"", *Child Youth Serv Rev.*; 118: 105355, DOI: [10.1016/j.childyouth.2020.105355](https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2020.105355), (2020)
- [17] Marcus L. George, "Effective Teaching and Examination Strategies for Undergraduate Learning During COVID-19 School Restrictions", *Journal of Educational Technology Systems*, Vol. 49(1) 23–48, DOI: 10.1177/0047239520934017, (2020)