

Individualizando la Tutoría del Alumno de Ingeniería

Antonio J. Tomeu Hardasmal, Alberto G. Salguero Hidalgo

Escuela Superior de Ingeniería (UCA)
Campus Universitario de Pto. Real CA 11519, ESPAÑA
antonio.tomeu, alberto.salguero@springer.com

Resumen Es un hecho conocido por los profesores universitarios, por experiencia propia, que el uso de la tutoría presencial que hace el alumnado es de escasa entidad. Una prospección elemental entre el alumnado nos ha llevado a identificar varias causas que motivan tan bajo aprovechamiento de este recurso. El objetivo de esta experiencia de innovación ha sido la adaptación de la tutoría a las necesidades concretas de cada alumno, previa identificación de las mismas mediante el uso del Campus Virtual. Para ello, cada clase teórica ha finalizado con la identificación de los conceptos que el alumno no ha captado bien, mediante una serie de preguntas a contestar de forma inmediata presentadas mediante el campus virtual de la asignatura, y respondidas en tiempo real por los estudiantes. Una vez identificadas, se invierten los roles; es el profesor quién demanda la presencia del alumno en la tutoría, con el objeto de cubrir las lagunas que previamente ha identificado. Los resultados obtenidos muestran que el modelo planteado mejora los resultados finales de nuestros alumnos.

1. Introducción

De unos años a esta parte, el uso de las TICs se ha convertido en un recurso estratégico en el ámbito de la enseñanza superior ([2], [3], [6],[15], [65]), y las Universidades han estado, en general, a la altura del reto tecnológico que se les presentaba. Basta comprobar el despliegue de aulas y laboratorios de informática, la adquisición de *clusters* de procesadores, de *software* de propósito general o específico, gratuito o propietario, y de los recursos digitales a los que los estudiantes universitarios tienen acceso gratuito ([46], [63]) en la actualidad, para concluir que gozan de una muy privilegiada situación con respecto a los de generaciones precedentes. Uno de las últimas -no diremos reciente- incorporación a esta revolución en lo tecnológico ha sido protagonizada por el *clicker* ([51]), que se ha convertido de forma rápida y sencilla en una herramienta capaz de proporcionar al docente, durante el desarrollo normal de una sesión de docencia teórica estándar, información de *feedback* ([13], [39], [2], [4], [52], [7], [10], [17], [19], [27], [52], [54]) sobre el desempeño en tiempo real ([11], [18]) de sus estudiantes.

Ello se logra dotando a cada estudiante de uno de estos dispositivos, similares a un mando a distancia, y utilizando un *software* de propósito específico que

muestra un cuestionario, al que los estudiantes responden utilizando el *clicker*, el cuál envía las respuestas mediante tecnología inalámbrica. Estas son recolectadas habitualmente de forma anónima, y presentadas al profesor, que puede mostrarlas en su herramienta de visualización de la forma que estima oportuna, normalmente en forma de histograma o tabla. Esta información de retorno permite al profesor reconducir y adaptar su docencia en tiempo real al grado de comprensión de los contenidos que sus alumnos están alcanzando. La limitación del modelo expuesto aquí se concreta en dos aspectos:

- El modelo proporciona información global del grado de comprensión del grupo de estudiantes participantes sobre un ítem concreto ([45], [76], [27]), pero no se utiliza para obtener información específica sobre un alumno dado, ni se plantea la adaptación de la docencia para ese alumno de manera individualizada, aunque sí mejora el grado de interactividad y de participación de los estudiantes ([14], [28], [32], [33], [36]).
- El uso del sistema de *clickers* para un centro universitario de tamaño medio requiere de una inversión que no es modesta¹, y de una dotación presupuestaria dedicada al mantenimiento del sistema, así como de una formación del profesorado destinado a utilizarlo.

2. Uso Actual de la Tutoría Presencial

Es un hecho conocido por los profesores universitarios, por experiencia propia, que el uso de la tutoría presencial en el despacho –e incluso virtual, a través de plataformas como *Moodle*– que hace el alumnado es de escasa entidad, por no decir inexistente. Como ejemplo en la Universidad de Cádiz, y para las asignaturas que imparte uno de los autores, en las encuestas de evaluación del profesorado correspondientes al curso académico 2014-2015 pudimos constatar que:

- Para la asignatura *Modelos de Computación*, donde el 60 % de los alumnos consideran que la dificultad es Alta y el 6,7 % Muy Alta, al ser preguntados por el uso de la tutoría, el 80 % indicaban que la usaron “Algo”, y el 20 % que “Bastante”.
- Para la asignatura *Programación Concurrente y de Tiempo Real*, donde el 40 % de los alumnos consideran que la dificultad es Alta y el 60 % Muy Alta, al ser preguntados por el uso de la tutoría, el 64 % indicaban que la usaron “Nada”, el 28 % que “Algo” y el 8 % que “Bastante”.

En ninguna de las asignaturas hubo alumnos que admitieran usar “Mucho” la tutoría. Dado todo lo anterior, es claro que la mejora del uso de la tutoría por parte del alumnado, y la adaptación de la misma a sus necesidades, es un problema que debe ser resuelto. Para abordar el problema en un primer paso, y

¹ Si por ejemplo, suponemos un centro universitario con 400 puestos de docencia teórica, la adquisición de los *clickers* requeriría una inversión inicial de aproximadamente 18000 €, sin considerar el coste de adquisición de los receptores del profesorado, y el posterior mantenimiento del sistema.

durante el curso 2015-2016, efectuamos un sondeo a nuestros alumnos ($n = 127$) de ambas asignaturas, mediante una encuesta propia acerca de las causas que les llevan a no acudir a tutoría; a partir de ella, hemos podido identificar² las siguientes:

- no la consideran útil (46 %).
- no creen que se adapte a sus necesidades (91 %).
- no llevan la materia al día como para que la tutoría les resulte útil (71 %).
- no preparan la tutoría antes de acudir a ella (87 %).
- no conocen bien su funcionamiento (56 %).

Constatadas las variables anteriores, el proyecto de innovación que proponemos se centra en revertirlas, y tiene por tanto como objetivo principal la adaptación de la tutoría a las necesidades concretas de cada alumno ([73]), de manera continuada en el tiempo. Para ello, es necesario como primer paso identificar cuáles son esas necesidades y para lograrlo, proponemos el uso del Campus Virtual como herramienta que nos proporcione, una vez finalizada cada sesión de docencia teórica, *feedback* sobre el grado de asimilación que de la misma ha tenido el alumno ([12]). Para lograrlo, el alumno deberá contestar una serie de preguntas habilitadas como cuestionario en el Campus Virtual, el cuál nos proporcionará a los profesores un ítem numérico, que definimos como *performance status* (*PS*) y que nos permitirá:

- conocer aquellos aspectos de contenido donde el alumno ha tenido más dificultades de comprensión para cada sesión de docencia teórica.
- indicar al alumno cómo debe preparar la tutoría sobre esos aspectos.
- cambiar los roles habituales ([31], [66]) de la tutoría; ahora será el profesor quién cite al estudiante a una tutoría presencial, en lugar de ser este último quién la demanda.
- permitir al profesor adaptar el contenido de la tutoría a lo que cada alumno concreto necesita, de forma continua a lo largo del semestre.

3. Contexto de Desarrollo

Desarrollamos a continuación la descripción del marco contextual en el que ha tenido lugar esta experiencia. Se desarrolló en el curso 2016-2017 durante el que se ha desarrollado la docencia de la asignatura *Modelos de Computación* para un total de 12 alumnos matriculados, estructurados en un único grupo teórico. Se imparte durante el primer semestre del curso con un total de 3 créditos teóricos y 3 créditos prácticos. Las competencias específicas que el estudiante debe adquirir son:

- capacidad para tener un conocimiento profundo de los principios fundamentales de los modelos de la computación.

² Todos los porcentajes están calculados tomando el tamaño como la muestra como el 100 %, si bien el número de alumnos matriculados fue superior.

Cuadro 1. Estructura de Contenidos de la Asignatura

Tópico	Dedicación(%)
Un Modelo de Funciones Computables	15 %
La Jerarquía de Funciones	20 %
Universalidad y Diagonalización	20 %
Computación con Cadenas	15 %
Máquinas de Turing	15 %
Modelos de Computación Paralelos	15 %

- saberlos aplicar para interpretar, seleccionar, valorar, modelar, y crear nuevos conceptos, teorías, usos y desarrollos tecnológicos relacionados con la informática.

El proyecto ha sido desarrollado por los dos docentes asignados a la docencia de la asignatura, pertenecientes al mismo departamento y a diferentes áreas de conocimiento: Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, y Lenguajes y Sistemas Informáticos. Es una asignatura con una alta carga matemática, que los alumnos necesitan trabajar con continuidad para estar en condiciones de afrontarla con garantías.

La asignatura está dedicada, en su temario teórico, al desarrollo de los tópicos habituales de la Teoría de la Computabilidad, con los porcentajes³ de dedicación que se muestran en el cuadro 1. La asignatura se evalúa por defecto bajo el sistema de evaluación continua, de acuerdo a los ítems y porcentajes de ponderación que se ilustran en el cuadro 3. El proyecto se pone en práctica en las clases teóricas de la asignatura, utilizando para ello el aula asignada por la Escuela Superior de Ingeniería, con acceso a la red inalámbrica de la Universidad, lo cuál permitió a los alumnos el uso del dispositivo de conexión inalámbrico preferido (ver Figura 1). Se tuvo también disponible un cañón proyector y una pizarra, junto con la habitual mesa multimedia para uso docente. La docencia teórica se desarrolló en el calendario previsto por el Centro durante el cuatrimestre, en sesiones teóricas de dos horas semanales, de acuerdo a lo establecido por la Subdirección de Ordenación Académica del Centro.

La experiencia se ha desarrollado de conformidad con el cronograma descrito en el cuadro 2. La acción se implanta desde Junio de 2016 hasta Julio de 2017. Tras un análisis bibliográfico exhaustivo que recogemos en la sección de referencias, desarrollado de Junio a Septiembre de 2016, dedicamos este último mes a la preparación de las encuestas a desarrollar tras cada sesión de docencia teórica por los estudiantes (ver anexo), y al desarrollo e incorporación de los módulos que darían soporte a las mismas en el espacio virtual de la asignatura, soportado por *Moodle*.

³ Los porcentajes que se indican en el cuadro están calculados sobre las 30 horas de docencia teórica que la asignatura tiene asignadas.

Cuadro 2. Cronograma de Actuaciones

Actuación	Periodo de Desarrollo
Planteamiento	Junio-Septiembre de 2016
Desarrollo de Encuestas	Septiembre de 2016
Preparación Campus Virtual	Julio-Septiembre de 2016
Proyecto	Octubre 2013-Enero 2017
Docencia	Octubre 2013-Enero 2017
Recogida de Datos	Mayo de 2017
Análisis de Datos	Mayo de 2017
Elaboración de la Memoria	Mayo-Junio de 2017
Entrega de Productos	Junio de 2017

Cuadro 3. Evaluación Continua de la Asignatura

Ítem a Evaluar	Ponderación(%)
Pruebas de Control de Progreso	40 %
Asignaciones de Prácticas	30 %
Aportaciones a Wiki	10 %
Trabajo Final Individual	10 %
Defensa Oral del Trabajo	10 %

La puesta en práctica del modelo propuesto en el proyecto se desarrolló en paralelo junto con la docencia ordinaria de la asignatura, en el primer semestre del curso académico 2016-2017. Al finalizar el mismo, se diseñó la encuesta que serviría para medir el grado subjetivo de satisfacción de la experiencia entre los estudiantes de la asignatura, efectuándose el trabajo de campo de recogida de datos a mediados del mes de Enero. El resto de acciones, consistentes en el análisis de los resultados y en la elaboración de este documento se desarrollaron desde Marzo hasta Junio de 2017. No se solicitó financiación alguna para el desarrollo de la propuesta, dado que uno de los objetivos de la misma era demostrar que el modelo propuesto se puede implantar a coste cero.

4. Aportaciones a la Innovación Docente

Ya hemos señalado que el uso del *clicker* para obtener *feedback* informativo de los estudiantes no es precisamente una novedad en la enseñanza superior ([14], [16], [41], [51],[70], [73]). No obstante los trabajos anteriores, creemos que es posible reformular el modelo estándar del uso del *clicker* para contextualizar la tutoría presencial de una nueva forma que, esta vez sí, suponga una contribución novedosa a la innovación docente; los elementos novedosos que pretendemos

aportar con la experiencia descrita en este documento se recogen en los ítems siguientes:

- Mostrar cómo es posible una docencia basada en el modelo estándar de uso del *clicker* sin necesidad de que la Universidad haga desembolso económico alguno en la adquisición de estos dispositivos. La experiencia demostrará cómo el uso adecuado del Campus Virtual y las herramientas de que este dispone, junto con el uso de dispositivos de conexión inalámbrica de uso común y disponibilidad segura entre los estudiantes como son la computadora portátil, las *tablets* o los *smartphones* permite hacer lo mismo sin necesidad de adquirirlos.
- Dar al profesor los elementos necesarios para poder identificar, tras cada sesión de docencia teórica y de forma individualizada, qué lagunas de conocimiento han quedado en cada uno de los estudiantes de la asignatura.
- Utilizar la información anterior para reforzar el conocimiento peor adquirido, adaptando la tutoría presencial a las necesidades reales del estudiante. La gran aportación en este punto radica en la inversión de los roles habituales; la tutoría ahora tiene lugar a demanda del profesor, y no del estudiante. Cuando éste acude a ella, el profesor sabe de forma anticipada hacia dónde debe dirigirla, y que contenidos deben ser reforzados.
- Garantizar a los estudiantes un progreso más seguro, estable y supervisado a lo largo de los contenidos del curso. Si el estudiante acude a la tutoría cuando el profesor se lo demanda, se logra que en la siguiente sesión de docencia teórica que se tenga programada, esta se desarrolle sobre bases de contenido más firmes, al haber identificado y solventado mediante el modelo los aspectos más débiles en el esquema de conocimientos del alumno. E insistimos: de forma automatizada e individualizada para los estudiantes.

5. Materiales y Método

Para implantar el enfoque de tutoría adaptada individualizadamente a las necesidades de cada estudiante que el proyecto plantea, escogimos la asignatura de Modelos de Computación, correspondiente al tercer curso del Grado de Ingeniería Informática, con un grupo pequeño de estudiantes ([5], [5]) y comenzamos por desarrollar, para cada sesión de docencia teórica del curso, un cuestionario ([7]) de preguntas dedicadas a medir el grado de comprensión que cada estudiante había alcanzado sobre cada uno de los conceptos desarrollados en esa sesión ([1]). Los últimos diez minutos de cada sesión fueron dedicados por los estudiantes a contestar ese cuestionario, que estuvo soportado mediante el módulo de encuestas, disponible en la versión de *Moodle* soportada en el Campus Virtual de la Universidad de Cádiz.

Los participantes fueron el total de 12 alumnos matriculados en la asignatura (11 hombres y 1 mujer), que siguieron las 15 sesiones de docencia teórica, durante un total de 120 minutos un día a la semana. El soporte de lecturas con el que los estudiantes debían preparar las mismas se puso a su disposición en el espacio

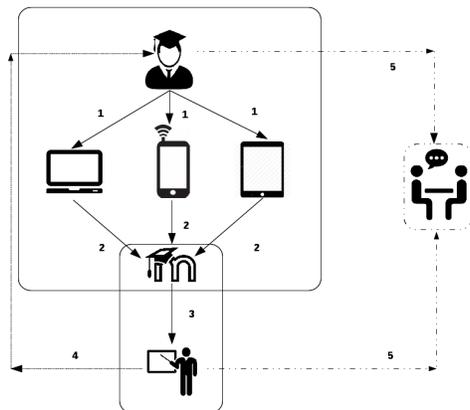


Figura 1. Diagrama del Proceso de Tutoría Propuesto

Moodle de la asignatura, junto con las diapositivas de soporte a las explicaciones del profesor.

La Figura 1 ilustra la secuencia de trabajo que proponemos como elemento nuclear del modelo, y a la que sometimos a nuestros estudiantes durante todo el semestre. Tras concluir la sesión teórica, el estudiante contesta (1) al cuestionario (ver ejemplo en el anexo) que se le propone mediante *Moodle* utilizando el medio de conexión inalámbrico que estima oportuno (el cuadro 4 muestra la estructura de uso de medios *WiFi* en nuestro grupo de alumnos), durante diez minutos. Los cuestionarios constan en general de diez preguntas de respuesta única; cada respuesta correcta aporta un punto, mientras que cada respuesta incorrecta resta 0,25 puntos; las respuestas sin contestar no puntúan. Se define el *performance status* (*PS*) para una sesión de docencia teórica de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PS = N_c - (N_i \times 0,25) \tag{1}$$

donde N_c es el número de respuestas correctas, que aportan 1,0 puntos, y N_i es el número de respuestas incorrectas. Por construcción, se verifica siempre que $PS \in [0, 10]$ Los datos que proporcionarán información de *feedback* al profesor ([1], [31]) de manera individualizada para cada estudiante son almacenados (2) por *Moodle* ([3]).

Posteriormente, en tiempo de despacho (3), el profesor obtiene de forma automatizada el valor de *PS* de cada estudiante para el cuestionario de la sesión, mediante una hoja de cálculo. Aquellos estudiantes con *PS* en el intervalo $[0, 6]$ son citados (4) a una sesión de tutoría presencial mediante correo electrónico. Finalmente, la tutoría tiene lugar (5) de forma presencial en el despacho del profesor. En ella, y utilizando como indicador el valor de *PS* obtenido por el alumno en el cuestionario, y la información concreta sobre los errores cometidos por éste sobre ítems y conceptos concretos del mismo, el profesor actúa reforzándolos,

Cuadro 4. Uso de Dispositivos *WiFi*

Medio <i>WiFi</i>	Uso(%)
Laptop	81 %
Smartphone	16 %
Tablet	3 %

y dirigiendo el estudio posterior del estudiante, bien indicando la repetición de determinadas lecturas, bien proponiendo lecturas adicionales y ejercicios de refuerzo. El estudiante puede optar por acudir o no voluntariamente a la tutoría que se le ofrecía. Se aumenta así el grado de interacción con los estudiantes ([9], [35], [37], [55]), y se les mantiene estimulados de forma continua frente al estudio de la materia.

6. Análisis y Resultados

Para efectuar el análisis de la experiencia de innovación que proponemos hemos escogido un escenario prospectivo ternario para desarrollar su evaluación:

- Escenario asistencial: donde nos limitamos a cuantificar el grado de uso de la propuesta por los estudiantes a lo largo del semestre.
- Escenario objetivo: hemos comparado el rendimiento de los estudiantes durante el curso 2016-2017 bajo la experiencia descrita, con el grupo de control constituido por sus compañeros que cursaron la asignatura en el año académico anterior, y que recibieron la docencia bajo el modelo ordinario durante el curso 2015-2016. Este análisis ofrece una visión objetiva de la bondad del modelo que proponemos, basado en evidencia estadística estricta.
- Escenario subjetivo: los alumnos han completado una encuesta de opinión, donde han ofrecido su valoración subjetiva de la experiencia al término de la misma.

6.1. Escenario Asistencial

Durante el total de quince semanas de docencia teórica, se dedicaron diez minutos por sesión durante los cuáles los estudiantes completaron el cuestionario correspondiente a la misma. Un alumno abandonó a la quinta semana. En tiempo de despacho, identificamos a través de *Moodle* a lo largo del semestre 27 situaciones en las cuales el *PS* observado era inferior o igual a 6,0. A todos los alumnos en esa situación se les ofreció el desarrollo de una tutoría presencial para tratar los puntos débiles que habíamos identificado, teniendo lugar un total de 19 acciones asistenciales, lo cuál supone un porcentaje de utilización del recurso del 66,6 % sobre el total posible. Los alumnos restantes desdeñaron el uso del recurso por razones variadas: no poder acudir en el horario que se les ofrecía, falta de respuesta a la tutoría a que se les citaba, etc.

Cuadro 5. Análisis Comparado con el Grupo Control

Categoría	Cont.	%	Exp.	%	% Dif.
Matriculados	17	100,0	12	100,0	0,0
No Presentado	2	11,76	1	8,2	3,46
Suspenseo	1	5,88	0,0	0,0	5,88
Aprobado	6	35,29	3	25,0	10,29
Notable	7	41,17	6	50,0	-8,83
Sobresaliente	1	5,88	2	16,6	-10,72

6.2. Escenario Objetivo

Como ya se ha indicado se comparan un grupo control, bajo el modelo de tutoría clásico, con el nuevo modelo de tutoría descrito en este documento, midiendo y comparando los resultados finales globales entre ambos grupos de estudiantes. Los resultados se muestran en el cuadro 5. Este cuadro recoge, para el grupo de control del curso 2015-2016 y para el grupo experimental del curso 2016-2017, en las columnas segunda y cuarta, el número de alumnos matriculados en la asignatura, y luego los desglosa según la categoría de calificación final en que se encuadran. Las columnas tercera y quinta ofrecen la misma información porcentualmente, y la sexta columna muestra la diferencia entre grupos en %.

El análisis de esa diferencia ilustra varios aspectos que demuestran un margen apreciable de mejora en los resultados del grupo experimental que ha utilizado el nuevo modelo, frente al grupo de control que recibió la tutoría con el modelo estándar:

- El número de alumnos que no se presentan se reduce en un 3,46 %.
- El número de alumnos que suspenden se reduce en un 5,88 %.
- El número de alumnos que obtienen aprobado se reduce en un 10,29 %, pero ello ocurre a cambio de un incremento de los alumnos que obtienen calificaciones situadas en los niveles bueno y excelente; en particular el número de alumnos que obtiene notable se eleva un 8,83 % mientras que el de los que obtiene sobresaliente lo hace en un 10,72 %.

La calificación final media en el grupo de control fue de $5,05 \pm 4,3$ frente a $7,25 \pm 1,36$ para el grupo experimental. Se aplicó la prueba de normalidad de *Shapiro-Wilk* a las muestras numéricas de calificación de ambos grupos. Ninguna resultó normal. Para contrastar que la mejora de los resultados es estadísticamente significativa se utilizó la prueba *U* de *Mann-Whitney*, obteniéndose $U = 253,25$ con $p = 0,033$ y $\alpha = 0,05$, concluyéndose que efectivamente, la mejora observada en las calificaciones puede atribuirse al modelo de tutoría propuesto. La Figura 2 muestra esto en forma de histograma, para la variable de calificación final, segmentada por categorías.

Si atendemos a los parámetros que actualmente se utilizan de forma generalizada para medir la respuesta de los estudiantes al modelo de evaluación, y que

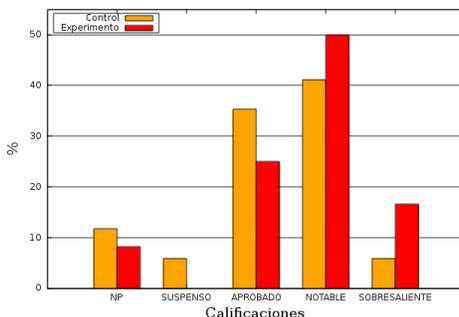


Figura 2. Variación del Rendimiento de los Estudiantes

Cuadro 6. Variación en Tasas de Éxito y Rendimiento

CURSO	ÉXITO	RENDIMIENTO
2015/2016	0,93	0,82
2016/2017	1,0	0,91

son la tasa de éxito y la tasa de rendimiento, vemos (cuadro 6) que también se obtuvo una mejora significativa.

6.3. Escenario Subjetivo

En este caso, y al finalizar el semestre, los estudiantes completaron una encuesta que pretendía medir el nivel subjetivo de satisfacción con la experiencia propuesta, a través de varios ítems. Cada ítem podía ser puntuado con un valor numérico entre 1 para completamente en desacuerdo y 5 para completamente de acuerdo. En caso de no querer responder, el estudiante podía utilizar el valor 0. Los ítems escogidos fueron:

- Ahora comprendo mejor la importancia y la necesidad de la tutoría presencial.
- Mi progreso durante el curso ha sido más seguro y estable.
- Me he sentido más apoyado durante el transcurso del semestre por el profesor.
- El modelo propuesto se adapta bien a la evaluación continua de la asignatura.
- Estoy en general satisfecho con el modelo propuesto.

En este caso, el análisis se efectúa para una muestra de tamaño $n = 11$, dado que el alumno que abandonó la asignatura en la segunda semana, ni participó en el resto del proceso ni tampoco fue objeto de esta encuesta.

La Figura 3 ilustra cómo la práctica totalidad de los alumnos participantes consideran estar de acuerdo o muy de acuerdo a la hora de comprender la importancia y la utilidad del modelo de tutoría presencial, y de acudir a la misma.

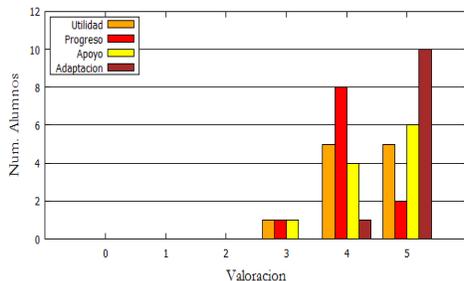


Figura 3. Encuesta de Valoración Subjetiva del Modelo

Como profesores, consideramos que esto por sí mismo, ya es un importante logro del experimento, considerando la actitud que el alumno universitario tiene en general hacia la tutoría. La misma Figura muestra también cómo la práctica totalidad de los alumnos participantes consideran estar satisfechos o muy satisfechos con su progreso en los contenidos de la asignatura. Esto se deriva sin duda, como también se muestra en ella, del hecho de que los estudiantes se han sentido razonablemente apoyados por el profesor, y perciben que no han tenido que desarrollar su trayectoria por la asignatura en solitario; muy al contrario, el continuo contacto con el profesor a demanda de este último, les ha proporcionado un plus de seguridad en el estudio que aseguran ser novedoso para ellos.

Vemos también que los estudiantes consideraron que el modelo de tutoría asistida se adecuaba singularmente bien al modelo de evaluación continua de la asignatura, resultado que no es sorprendente, aunque sí muy gratificante para nosotros como profesores. Es claro que en un contexto evaluatorio donde el afianzamiento continuo y seguido de los contenidos es una garantía para superarlo con éxito, el poder disponer del profesor para que asista al estudiante cuando el primero detecta que el segundo está en problemas ($PS \leq 6$) y sabe dónde están esos problemas, orientando la tutoría a solventarlos, resulta utilísimo para un estudiante que todo lo que tuvo que hacer fue emplear diez minutos de su tiempo en completar un cuestionario. Finalmente, la Figura 4 recoge el grado global de acuerdo de la muestra de estudiantes con la experiencia. El número de estudiantes satisfechos razonablemente con el modelo de tutoría personalizado que se les propone es alto.

7. Conclusiones y Trabajo Futuro

Tras el análisis de los resultados de la experiencia, y en función de los indicadores obtenidos durante la tres fases de evaluación de la misma, hemos llegado a la conclusión de mantener el modelo de tutoría individualizada, adaptada a cada alumno en función de las necesidades detectadas en sus conocimientos mediante el modelo alternativo al uso de *clikers* que proponemos, ya que:

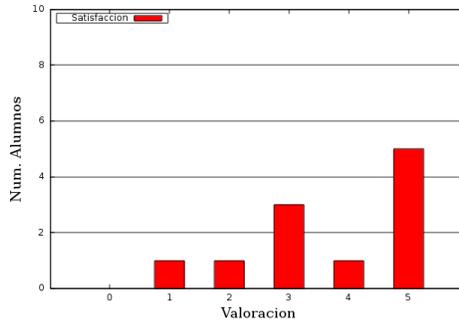


Figura 4. Satisfacción Global Subjetiva

- Se ha demostrado que el modelo de docencia teórica con asistencia de *clikers* puede lograrse mediante la combinación de dispositivos inalámbricos junto con el soporte ofrecido por *Moodle* a través del Campus Virtual ([59]) de la Universidad, a coste cero.
- El modelo propuesto se ha mostrado capaz de identificar las dificultades con que el alumno se encuentra desde el primer momento en su progreso académico, y de hacerles frente para solventarlas con un alto tiempo de respuesta ([28], [36]).
- Como consecuencia de lo anterior, hemos logrado que el alumno sea más consciente de la importancia y utilidad de la tutoría presencial, que el uso de la misma le ofrezca apoyo durante todo el semestre si es necesario, y no solo en momentos puntuales, y que no se haga uso de la misma únicamente cuando faltan escasos días para los exámenes finales, momento en que seguramente, ya es inútil.
- Se ha constatado que el modelo de tutoría basado en identificación de necesidades previas que proponemos presenta importantes sinergias cuando se combina con el modelo de evaluación continua. En el momento actual no disponemos de datos para conocer cómo se comportará con el modelo estándar de evaluación basado únicamente en examen final. Será objetivo en un futuro desarrollar este análisis.
- Se ha logrado movilizar al alumno, aún a su pesar ([32]), para acudir a la tutoría y hacer uso de ella, así como para prepararla ([33]) con carácter previo. Ello deriva de forma directa en un incremento de la dedicación continua a la materia, y en una mejora global del rendimiento de los estudiantes.

Como limitación principal -e importante- del modelo propuesto, encontramos el tamaño de los grupos de estudiantes donde se pretenda aplicar, y que resulta ser una variable crítica. En el caso expuesto, la asignatura *Modelos de Computación* forma parte del perfil de *Computación*, a escoger en los cursos tercero o cuarto del Grado en Ingeniería Informática, y por todo lo anterior con unas tasas relativamente bajas de estudiantes matriculados. En materias con una matrícula

de cientos de alumnos, como ocurre en las asignaturas de los primeros cursos de grado, no creemos que el modelo pueda ser aplicado tal como se ha descrito aquí, aunque paradójicamente es donde probablemente sería más adecuado, dada la escasa madurez como universitarios de los estudiantes que ingresan en la Universidad. Quizás el modelo propuesto podría adaptarse a estas circunstancias. En grupos de estudiantes de unos cuarenta-cincuenta alumnos, sí creemos que el modelo propuesto es directamente aplicable, lo cuál lo hace singularmente útil para su implementación bien en asignaturas de los últimos años de grado, como ha sido nuestro caso, bien en las de máster.

Las líneas de trabajo futuro que tenemos interés en desarrollar son las siguientes:

- Incrementar la fiabilidad estadística de la bondad del modelo que proponemos, mediante un estudio multicéntrico, multimateria y multigrado, aumentando el tamaño de la muestra a un valor aproximado de $n = 400$.
- Establecer fehacientemente la viabilidad del modelo propuesto en asignaturas con un número de alumnos menor o igual cincuenta.
- Determinar si es posible aplicar el modelo propuesto en asignaturas con una alta tasa de alumnos matriculados ([56]); en caso negativo, estudiar qué posibles modificaciones admite el modelo para que pueda ser adaptado en asignaturas con esta tipología.
- Determinar si la mejora en el rendimiento de nuestros estudiantes bajo modelos de evaluación continua, se mantiene también cuando se utilizan modelos de evaluación clásicos ([75]), basados en una única prueba final.

Referencias

1. Ahlfeldt, S., Mehta, S., & Sellnow, T. (2005). Measurement and analysis of student engagement in university classes where varying levels of PBL methods of instruction are in use. *Higher Education Research and Development*, 24(1), 5–20.
2. Anderson, T. (2003). Modes of interaction in distance education: recent developments and research questions. In M. G. Moore, & W. G. Anderson (Eds.), *Handbook of distance education* (pp. 129–144). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
3. Angeli, C., Valanides, N., & Bonk, C. J. (2003). Communication in a web-based conferencing system: the quality of computer-mediated interaction. *British Journal of Educational Technology*, 34(1), 31–43.
4. Blasco-Arcas, L., Buil, I., Hernández-Ortega, B. & Sese, F.J. (2013). Using clickers in class. The role of interactivity, active collaborative learning and engagement in learning performance. *Computers & Education*, 62,102-110.
5. Banks, D. A. (2006). Reflections on the use of ARS with small groups. In D. A. Banks (Ed.), *Audience response systems in higher education* (pp. 373–386). Hershey, PA: Information Science Publishing.
6. Bannan-Ritland, B. (2002). Computer-mediated communication, e-learning, and interactivity: a review of the research. *Quarterly Review of Distance Education*, 3(2), 161–169.

7. Beatty, I. (2004). Transforming student learning with classroom communication systems. Boulder, Colo: EDUCASE Center for Applied Research, available. <http://www.educase.edu/LibraryDetailPage/666?IDERB04033>.
8. Beatty, I. D., Gerace, W. J., Leonard, W. J., & Dufresne, R. J. (2006). Designing effective questions for classroom response system teaching. *American Journal of Physics*, 74(1), 31–39.
9. Beekes, W. (2006). The ‘millionaire’ method for encouraging participation. *Active Learning in Higher Education*, 7, 25–36.
10. Bergtrom, G. (2006). Clicker sets as learning objects. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, 2, Available in <http://ijklo.org/Volume2/v2p105-110Bergtrom.pdf>.
11. Brewer, C. A. (2004). Near real-time assessment of student learning and understanding in biology courses. *Bioscience*, 54(11), 1034–1039.
12. Bullock, D. W., LaBella, V. P., Clingan, T., Ding, Z., Stewart, G., & Thibado, P. M. (2002). Enhancing the student-instructor interaction frequency. *The Physics Teacher*, 40, 535–541.
13. Caldwell, J. E. (2007). Clickers in the large classroom: current research and best-practice tips. *CBE Life Sciences Education*, 6(1), 9–20.
14. Carnaghan, C., & Webb, A. (2007). Investigating the effects of group response systems in student satisfaction, learning, and engagement in accounting education. *Issues in Accounting Education*, 22(3), 391–409.
15. Capel, M., Tomeu, A. & Salguero A. (2017). Teaching concurrent and parallel programming by patterns: An interactive ICT approach. *Journal of Parallel and Distributed Computing* (in press). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpdc.2017.01.010>
16. Chickering, A., & Ehrmann, S. C. (1996). Implementing the seven principles: technology as lever. *AAHE Bulletin*3–6, Available in <http://www.tlgroup.org/programs/seven.html>. October.
17. Chou, C. (2003). Interactivity and interactive functions in web-based learning systems: a technical framework for designers. *British Journal of Educational Technology*, 34(3), 265–279.
18. Cotner, S., Fall, B., Wick, S., Walker, J., & Baepler, P. (2008). Instant feedback assessment methods: can we improve engagement, enjoyment, and preparation for exams in large-enrollment biology courses? *Journal of Science Education and Technology*, 17, 437–443.
19. Crossgrove, K. Curran Using clickers in non-majors and majors-level biology courses: student opinion, learning and long-term retention of course material *CBE-Life Sciences Education*, 7 (2008), pp. 146–154.
20. Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970–977.
21. R. D’Inverno, H. Davis, S. White. Using a personal response system for promoting student interaction. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 22 (2003), pp. 163–169.
22. Draper, S. W., Cargill, J., & Cutts, Q. (2002). Electronically enhanced classroom interaction. *Australian Journal of Educational Technology* 18, 13–23. Available in <http://www.psy.gla.ac.uk/~steve/ilig/handsets.html>.
23. Draper, S. W., & Brown, M. I. (2004). Increasing interactivity in lectures using an electronic voting system. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20, 81–94.
24. Draper, S. W., Cargill, J., & Cutts, Q. (2002). Electronically enhanced classroom interaction. *Australasian Journal of Educational Technology*, 18, 13–23.

25. Elliot, C. (2003). Using a personal system in economics teaching. *International Review of Economics Education*, 1(1), Available in <http://www.economicsnetwork.ac.uk/iree/i1/elliott.htm>.
26. Erickson, J., & Siau, K. (2003). E-ducation. *Communications of the ACM*, 46(9), 134–140.
27. Fies, C., & Marshall, J. (2006). Classroom response systems: a review of the literature. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 101–109.
28. S. Freeman, E. O'Connor, J.W. Parks, M. Cunningham, D. Hurley, D. Haak, et al. Prescribed active learning increases performance in introductory biology *CBE-Life Sciences Education*, 6 (2007), pp. 132–139
29. Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74, 59–108.
30. Gallini, S. M., & Moely, B. E. (2003). Service-learning and engagement, academic challenge and retention. *Michigan Journal of Community Service Learning* 5–14, Fall.
31. Garrison, D. R., Anderson, T., & Archer, W. (2001). Critical thinking, cognitive presence, and computer conferencing in distance education. *American Journal of Distance Education*, 15(1), 7–23.
32. Guthrie, R. W., & Carlin, A. (2004). Waking the dead: using interactive technology to engage passive listeners in the classroom. In *Proceedings of the AMCIS*, paper 358. New York: August.
33. Guthrie, J. T., & Wigfield, A. (2000). Engagement and motivation in reading. In M. Kamil, & P. Mosenthal (Eds.). *Handbook of reading research*, vol. 3 (pp. 403–422). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
34. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis* (6th ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
35. Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: a six-thousands student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66, 64–74.
36. Haseman, W. D., Polatoglu, V. N., & Ramamurthy, K. (2002). An empirical investigation of the influences of the degree of interactivity of user-outcomes in a multimedia environment. *Information Resources Management Journal*, 15(2), 31–48.
37. Higgins, R., Hartley, P., & Skelton, A. (2002). The conscientious consumer; re-considering the role of assessment feedback in student learning. *Studies in Higher Education*, 27(1), 53–64.
38. Hiltz, S. R., Coppola, N., Rotter, N., & Turoff, M. (2000). Measuring the importance of collaborative learning for the effectiveness of ALN: a multi-measure, multi-method approach. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 4(2), 103–125.
39. Homme, J., Asay, G., & Morgenstern, B. (2004). Utilisation of an audience response system. *Medical Education*, 38(5), 575.
40. Hoon Han & J. Finkelstein, A. (2013). Understanding the effects of professors' pedagogical development with clicker assessment and feedback technologies and the impact on students' engagement and learning in higher education. *Computers & Education* 65. 64-76
41. Hu, J., Bertol, P., Hamilton, M., White, G., Duff, A., & Cutts, Q. (2006). Wireless interactive teaching by using key-pad ARS. In D. A. Banks (Ed.), *Audience*

- response systems in higher education (pp. 209–221). Hershey, PA: Information Science Publishing.
42. Kay, R.-H., & LeSage, A. (2009). Examining the benefits and challenges of using audience response systems: a review of the literature. *Computers & Education*, 53, 819–827.
 43. Kennedy, G., & Cuts, Q. (2005). The association between students use and electronic voting system and their learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21, 260–268.
 44. Kennedy, D., Hyland, A., & Ryan, N. (2006). Writing and using learning outcomes: A practical guide. In *The Bologna handbook*, Available in <http://www.bologna.msmt.cz/files/learning-outcomes.pdf>.
 45. Kenwright, K. (2009). Clickers in the classroom. *TechTrends*, 53(3), 74–77.
 46. Khan, B. H. (2000). Discussion of resources and attributes of the web for the creation of meaningful learning environments. *Cyber Psychology & Behavior*, 3(1), 17–23.
 47. Knight, J. K., & Wood, W. B. (2005). Teaching more by lecturing less. *Cell Biology Education*, 4(4), 298–310.
 48. Kreijns, K., Kirschner, P. A., & Jochems, W. (2003). Identifying the pitfalls for social interaction in computer supported collaborative learning environment: a review of the research. *Computers in Human Behavior*, 19(3), 335–353.
 49. Kryder, L. G. (1999). Integrating computer literacy: why and what can be done. *Business Communication Quarterly*, 62(2), 81–86.
 50. Kuh, G. D. (2003). What we're learning about student engagement from NSSE. *Change*, 35(2), 24–32.
 51. Lantz, M. E. (2010). The use of clickers in the classroom: teaching innovation or merely an amusing novelty? *Computers in Human Behavior*, 26, 556–561.
 52. Liu, Y. (2003). Developing a scale to measure the interactivity of websites. *Journal of Advertising Research*, 43(3), 207–216.
 53. Liu, T., Liang, J., Wang, H., Chan, T., & Wei, L. (2003). Embedding educlick in classroom to enhance interaction. In *Proceedings international conference computers in education (ICCE)* (pp. 117–125). Hong Kong, China.
 54. MacGeorge, E. L., Homan, S. R., Dunning, J. B., Jr., Elmore, D., Bodie, G. D., Evans, E., et al. (2008). The influence of learning characteristics on evaluation of audience response technology. *Journal of Computing in Higher Education*, 19, 25–46.
 55. Marks, H. M. (2000). Student engagement in instructional activity: patterns in the elementary, middle, and high school years. *American Educational Research Journal*, 37(1), 153–184.
 56. Mayer, R. E., Stull, A., DeLeeuw, K., Almeroth, K., Bimber, B., Chun, D., et al. (2009). Clickers in collage classrooms: fostering learning with questioning methods in large lecture classes. *Contemporary Educational Psychology*, 34, 51–57.
 57. Michaelson, L. K., Knight, A. B., & Fink, L. D. (2004). *Team-based learning: A transforming use of small groups in college teaching*. Sterling, VA: Stylus.
 58. Nicol, D., & Boyle, J. (2003). Peer instruction versus class-wide discussion in large classes: a comparison of two interaction methods in the wired classroom. *Studies of Higher Education*, 28, 457–473.
 59. Oncu, S., & Cakir, H. (2011). Research in online learning environments: priorities and methodologies. *Computers & Education*, 57, 1098–1108.
 60. Panitz, T. (1996). A definition of collaborative versus cooperative learning. *Deliberations*, Available in <http://www.londonmet.ac.uk/deliberations/collaborative-learning/panitzpaper.cfm>.

61. Pratton, J., & Hales, L. (1986). The effects of active participation on student learning. *Journal of Educational Research*, 79, 210–215.
62. Prince, M. (2004). Does active learning work? a review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93, 223–231.
63. Resta, P., & Laferrière, T. (2007). Technology in support of collaborative learning. *Education Psychology Review*, 19, 65–83.
64. Ribbens, E. (2007). Why I like personal response systems. *Journal of College Science Teaching*, 37(2), 60–62.
65. Roblyer, M. D., & Wiencke, W. R. (2003). Design and use of a rubric to assess and encourage interactive qualities in distance courses. *American Journal of Distance Education*, 17(2), 77–98.
66. Ryan, A. M. (2000). Peer groups as a context for the socialization of adolescents' motivation, engagement, and achievement in school. *Educational Psychologist*, 35, 101–111.
67. Shernoff, D. J., & Hoogstra, L. (2001). Continuing motivation beyond the high school classroom. *New Directions in Child and Adolescent Development*, 93, 73–87.
68. Siau, K., Sheng, H., & Nah, F. F.-H. (2006). Use of classroom response system to enhance classroom interactivity. *IEEE Transactions on Education*, 49(3), 398–403.
69. Stipek, D. (2002). Good instruction is motivating. In A. Wigfield, & J. Eccles (Eds.), *Development of achievement motivation*. San Diego, CA: Academic Press.
70. Stowell, J. R., & Nelson, J. M. (2007). Benefits of electronic audience response systems on student participation, learning and emotion. *Teaching of Psychology*, 34, 253–258.
71. Thalheimer, W. (2003). *The learning benefits of questions (white papers)*. Somerville, MA: Work Learning Research.
72. Trees, A. R., & Jackson, M. H. (2007). The learning environment in clicker classrooms: student processes of learning and involvement in large university-level courses using student response systems. *Learning, Media and Technology*, 32, 21–40.
73. Wit, E. (2003). Who wants to be. the use of a personal response system in statistics teaching. *MSOR Connections*, 3, 14–20.
74. W.B. Wood. Clickers: A teaching gimmick that works. *Developmental Cell*, 7 (2004), pp. 796–798
75. Yoder, J. D., & Hochevar, C. M. (2005). Encouraging active learning can improve students' performance on examinations. *Teaching of Psychology*, 32, 91–95.
76. Yourstone, S. A., Krave, H. S., & Albaum, G. (2008). Classroom questioning with immediate electronic response: do clickers improve learning? *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 6(1), 75–88.