

Desarrollo y Aplicación de Nuevas Tecnologías para la Formación Universitaria

*José A. González, Erik Cobo, Manuel Martí Recober, Pilar Muñoz
{Jose.A.Gonzalez, Pilar.Munyoz, Erik.Cobo, Manuel.Marti-Recober}@upc.es,
Departamento de Estadística e Investigación Operativa,
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona*

Resumen

e-status es una herramienta informática diseñada para que los estudiantes puedan resolver problemas estadísticos y obtener corrección inmediata. La extensión de su uso nos conduce a planteamientos inicialmente no previstos, como su integración dentro del modelo EEES. En el trabajo presente se va a exponer: a) su empleo durante la adaptación al sistema de créditos ECTS que requiere el proceso de convergencia europea, ejemplificado en una asignatura concreta; y b) el diseño propuesto para cuantificar su impacto en el aprendizaje.

La metodología se basa en un número variable de problemas (en la asignatura que nos servirá de ejemplo, 22) que los alumnos pueden resolver repetidamente, puesto que los datos iniciales son variables. El profesor sigue una planificación coordinada con el temario del curso, para ir publicando problemas cuando los estudiantes disponen del material necesario. Todo el trabajo realizado es guardado en una base de datos, de manera que tanto el profesor como el estudiante pueden llevar un seguimiento y valorar el progreso alcanzado. Así, mientras el objetivo del estudiante puede ser alcanzar una calificación derivada de su labor, el profesor dispone de un recurso para medir la dedicación del alumnado, detectar puntos débiles en su avance y tomar medidas correctoras.

Constatamos que el grado de adecuación de la herramienta al modelo del EEES es bueno. Ello se explica porque el proceso de Bolonia prioriza determinadas líneas, como el empleo de las TIC, el traspaso al estudiante de un papel más activo en el aprendizaje, o el desarrollo de nuevos materiales y técnicas docentes.

1. Introducción

La construcción del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) supone el reto de adaptar estructuras levantadas durante largos años, con el objetivo conocido de favorecer la transparencia y comparabilidad de los estudios superiores, facilitando el reconocimiento de titulaciones y haciendo éstas más homogéneas a lo largo y ancho del área de la Unión Europea. El mismo proceso de armonización incluye en sí mismo un cambio sin igual en el paradigma educativo. El informe de Jacques Delors¹ *La educación encierra un tesoro* describe los cuatro pilares de la educación:

- Aprender a conocer.
- Aprender a hacer.
- Aprender a convivir.
- Aprender a ser.

Los puntos reseñados insisten en aspectos que van más allá de la mera adquisición de conocimientos: el aprendizaje efectivo vendría a ser un compromiso de la persona delante de una sociedad que experimenta cambios vertiginosos que obligan a una formación continua a lo largo de toda la vida profesional del individuo. La educación ha

de contribuir al desarrollo completo de la persona en todas sus dimensiones: intelectual, sensitiva, social, cívica y estética.

El pasado reciente es una muestra de que efectivamente hemos de esperar profundos cambios en la sociedad que viene. El desarrollo tecnológico, el predominio y movilidad del capital financiero y, muy significativamente, el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) provocan cambios constantes en la organización de los sistemas productivos, y está probado que un mayor compromiso con la educación está asociado a mayores avances en los terrenos reseñados.

Por otro lado, el desarrollo presente en el mundo occidental convive con un estado de crisis económica permanente. La política de los estados no permite incrementar el gasto público (este es un aspecto muy destacado y controvertido del Informe Dearing²). La educación superior necesita demostrar que es una buena inversión para los individuos y para la sociedad. Por ello, es crucial una gestión eficiente de los recursos disponibles.

Las nuevas tecnologías abren a las instituciones de la educación superior perspectivas inéditas para abordar estrategias que permitan desarrollar los nuevos contenidos que van a aparecer en los planes de estudio, junto con las nuevas formas de aprendizaje.

Si se plantea la cuestión desde otro ángulo, la adopción del sistema ECTS también supone profundos movimientos en el terreno educativo. La nueva configuración de los entornos de aprendizaje del estudiante se centra principalmente en su figura, y no en la del profesor, resultando por ello que³:

- las clases magistrales se reducen,
- aumentan las experiencias de trabajos en grupo, aprendizaje cooperativo y proyectos,
- se subraya la figura del director, docente que supervisa el trabajo del estudiante.
- se fomenta el trabajo personal y el uso de recursos (bibliotecas, redes),
- se hace común el uso de tecnologías de la información apropiadas a cada materia (intranets docentes, recursos en red, programas informáticos para prácticas y trabajos),
- se incorpora la adquisición de capacidades y competencias transversales en asignaturas tradicionales.

El sistema ECTS no se ha de considerar como un simple escollo a sortear, sino como una oportunidad para reflexionar sobre nuestras asignaturas y dimensionar mejor los recursos didácticos disponibles. Esta reflexión ha de girar necesariamente alrededor de lo que entendemos por aprendizaje. Distinguimos entre:

- formación inicial, a cargo de la universidad; el estudiante adquiere unos conocimientos, competencias transversales y habilidades durante su paso por los estudios universitarios, principalmente. Deben quedar sólidamente establecidos para permitir la formación posterior, o...
- aprendizaje a lo largo de la vida, a cargo del individuo, ya profesionalizado; el objetivo es mantenerse actualizado a través de los sucesivos cambios tecnológicos y de las demandas de la sociedad.

En este escenario, encontramos numerosas actividades encaminadas a plantear vías factibles según el modelo del EEES. Las universidades, que tienen muy limitados sus recursos, pueden ofrecer equipos de soporte y asesoría para los profesores que trabajan

en la implantación del sistema. La UPC, a través de su Instituto de Ciencias de la Educación (ICE), incluye servicios como:

- información,
- formación,
- adaptación de materiales docentes y recursos existentes. Aquí, las TIC tienen un gran peso específico.

El trabajo que los autores presentan tiene en cuenta las consideraciones previas, especialmente lo que se refiere al papel de las nuevas tecnologías, y más en concreto al desarrollo y aplicación de tecnologías avanzadas. Téngase presente que dentro del término TIC entra desde el simple documento electrónico hasta el sistema informático más complejo. En el siguiente apartado se presenta brevemente la herramienta e-status. El tercer apartado incluye las principales consideraciones pedagógicas que relacionamos con nuestro proyecto. El cuarto apartado describe algunas experiencias que hemos llevado a cabo. Finalmente presentamos las conclusiones que hasta la fecha nuestra experiencia nos ha sugerido.

2. La aplicación e-status

El entorno que denominamos e-status permite a un alumno ejercitarse en la resolución de problemas de tipo numérico, tales como los habituales en asignaturas de contenido estadístico, obteniendo de inmediato la valoración a sus respuestas. Para llegar a esta operativa, un grupo de profesores del Departamento de Estadística e Investigación Operativa de la UPC ha desarrollado un programa que genera problemas distintos para cada alumno y proporciona la respuesta correcta en cualquier situación. La variabilidad es necesaria, para que tenga interés volver a solucionar el mismo ejercicio e insistir en la metodología que reside en el mismo.

e-status es una herramienta concebida para funcionar en internet. Asimismo, es un medio adecuado para permitir seguir el curso a un alumnado variado en condiciones iniciales, para el que es complicado hallar el nivel de instrucción apropiado (Roberts⁴).

Sólo dentro del campo de la estadística, existe una enorme variedad de recursos disponibles en la red. La principal diferencia entre nuestro proyecto y la mayoría de los recursos presentes en internet es que e-status interactúa con el usuario: varía las condiciones de cada problema, y puede comparar la respuesta del alumno con la solución correcta en toda ocasión. Entre otras herramientas similares, podemos citar como ejemplo el sistema de Saludes⁵, o el producto ACME, de Poch⁶, que emplean un manipulador algebraico (Mathematica, en los dos casos), o WeBWork (Gage⁷) que usa un motor propio. En estos casos se permite plantear problemas algebraicos, mientras que e-status se concentra en problemas de computación estadística. Por otro lado, en nuestro caso, la definición de problemas es un proceso más simple y que exige menos conocimientos técnicos (por ejemplo, conocer el lenguaje de Mathematica).

El empleo de tecnologías de la información y las comunicaciones en el ámbito de la docencia permite al profesor recuperar de forma sencilla un perfil completo para cada estudiante. Esto supone:

- informar al profesor del progreso de sus estudiantes,
- realimentar (dar "feedback") al alumno inmediatamente con su trabajo evaluado,
- proporcionarle un historial de los problemas abordados y sus resultados.

e-status está planteado como una herramienta para fomentar el aprendizaje activo (e interactivo) por parte del estudiante, facilitando el seguimiento por parte del profesor de su trabajo no presencial. De esta manera, e-status cubre la autoevaluación, la realimentación y el control efectivo del trabajo desarrollado por el estudiante, al mismo tiempo que le familiariza en el empleo de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), abarcando de esta manera cuatro de las áreas prioritarias en el futuro Espacio Europeo de Educación Superior.

La aplicación consta de varios componentes: esencialmente, el módulo del profesor, el módulo del administrador y el módulo del estudiante. Un núcleo principal gestiona la comunicación con un servidor web y con el servidor de bases de datos, que contiene toda la información almacenada.

El primer paso para entrar en la aplicación es la autenticación. Los profesores y estudiantes usan su nombre y contraseña habitual para identificarse, y el sistema reconoce el perfil correspondiente y le dirige al módulo apropiado. El administrador cuenta con una entrada específica.

La principal funcionalidad de un profesor es el editor de problemas. A diferencia de la redacción de problemas comunes, debe incluirse un modelo de solución algebraica, que permita computar la respuesta delante de cualquier patrón de datos iniciales, habitualmente elegidos al azar. El modelo se escribe como una lista de expresiones, de acuerdo con las reglas de la gramática de e-status. Esta gramática se ha diseñado similar a los lenguajes más extendidos para que resulte sencilla de usar. El editor se comporta también como compilador: revisa la lista de expresiones del modelo y notifica los errores detectados. Además, permite probar el problema, simulando el proceso de resolución del ejercicio, una etapa fundamental para validar el mismo.

De igual importancia son las opciones disponibles para que el profesor realice el seguimiento de los estudiantes. El trabajo realizado por los alumnos es guardado individualmente, y el profesor puede consultar a una persona concreta, u obtener datos globales para un grupo de los que componen el curso. También es posible extraer estadísticas de los problemas ofertados, necesario para apreciar si la respuesta proporcionada por los estudiantes está en consonancia con la dificultad del problema.

Las posibilidades que se ofrecen a los estudiantes se concentran en dos: resolver ejercicios y consultar su historial. Los profesores asignan los problemas de una asignatura a contenedores de tipo genérico que llamamos *bloques*. Un bloque puede ser temático (“problemas de variable discreta”), transversal, como si fuera una colección representativa de toda la asignatura (“prueba de nivel”), o acorde con cualquier otro criterio. Un estudiante debe tener en cuenta que un bloque puede estar restringido por unas fechas o por un límite en el número de resoluciones: por ejemplo, un examen lógicamente debería estar acotado a un intervalo de tiempo determinado. En ocasiones, el estudiante puede elegir entre resolver inmediatamente el problema, o solucionarlo con calma e introducir la respuesta antes de un plazo dado (es el profesor quien decide qué problemas disponen de este plazo, y cuán largo es). El problema tiene asociado un grado de dificultad (alto, peso 100%; medio, peso 70%; bajo, peso 40%), y puede incorporar comentarios, ayudas o mecanismos apropiados (como enlaces a páginas web), que puedan tener sentido desde un punto de vista pedagógico para una mejor asimilación de los contenidos docentes.

La respuesta del sistema ante el ejercicio del alumno es inmediata: una vez introducida la solución del estudiante, e-status plantea qué preguntas fueron bien o mal contestadas, y otorga una calificación. El historial proporciona numérica y gráficamente todo el

detalle sobre su trabajo: ejercicios resueltos, calificación obtenida, nota media (definida como la media ponderada por la dificultad de cada problema de las medias de cada problema resuelto), puntuación (indicador definido como la suma ponderada de las medias de cada problema resuelto), y también posición ocupada en un hipotético *ranking* sobre diversos criterios indicativos del rendimiento del alumno, tales como el número de problemas resueltos, la nota media o la puntuación.

3. Contexto pedagógico

En el momento actual, coinciden tres elementos de gran relevancia en el entorno docente universitario:

- el EEES en el horizonte cercano,
- la irrupción de las nuevas tecnologías,
- el crecimiento de la línea constructivista dentro de las teorías del aprendizaje.

La disponibilidad de nuevos medios técnicos (especialmente desde que el ordenador se populariza en el entorno académico) significa la posibilidad de incrementar la documentación docente, y de crear sistemas para aumentar la participación directa del alumno.

El cognitivismo, la teoría afín al constructivismo predominante actualmente, postula que el aprendizaje se concibe como un cambio estable en lo que sabe, hace y piensa el aprendiz (Mayer⁸). El papel del profesor es facilitar ese aprendizaje, principalmente guiar, apoyar y procurar que el alumno asuma su papel *activo*. Como dice Schumacker⁹, “the teaching process should be seen as a process of guided interaction between the teacher, the student, and the materials of instruction”. En este escenario, el actor principal ha dejado de ser el maestro que transmite el conocimiento a sus alumnos (sin papel activo), para dejar paso a un proceso que requiere una elaboración minuciosa de sus partes: definición de áreas de interés; definición de objetivos docentes (basados en las áreas anteriores); diseño de las actividades pertinentes; selección de métodos, materiales y recursos; definición del proceso de evaluación.

En este contexto, la enseñanza se entiende como un conjunto de decisiones, actividades y medios organizados sistemáticamente cuyo fin es el aprendizaje de los estudiantes. Queda claro que la enseñanza se organiza en torno a unos objetivos docentes, y que los métodos empleados están estrechamente ligados a estos objetivos.

Nuestra meta es ser más eficientes en las siguientes dimensiones del proceso educativo:

- práctica: entrenamiento de métodos y técnicas a través de ejercicios realistas;
- realimentación instantánea: evaluación inmediata del trabajo y valoración de los conocimientos logrados;
- realimentación hacia el profesor: información disponible al momento, y posibilidad de reconsiderar el ritmo seguido.

Las técnicas estadísticas conforman una disciplina aventajada a la hora de beneficiarse de las aplicaciones de las TIC. Los objetivos primeros del proyecto e-status se integran con naturalidad entre los objetivos docentes de una clásica asignatura de estadística:

1. construir un sistema para ayudar a los estudiantes a aprender el razonamiento estadístico mediante la resolución de problemas que incorporan cierto grado de incertidumbre,

2. ayudar a los estudiantes a evitar llegar a conclusiones llevados por prejuicios o intuiciones,
3. mostrar la necesidad de definir planes metódicos para alcanzar una solución, y
4. enseñar a los estudiantes cómo interpretar datos numéricos y gráficos.

En suma: desarrollar e integrar el razonamiento estadístico en el perfil profesional de nuestros licenciados, diplomados o ingenieros, para que apliquen sus conocimientos en la solución de problemas reales. Garfield¹⁰ señala: “It is no longer appropriate to assess student knowledge by having students compute answers and apply formulas, because these methods do not reveal the current goals of solving real problems and using statistical reasoning”. El apunte, sin duda, tiene su origen en un tipo de enseñanza muy habitual hasta hace no demasiado tiempo.

Estamos de acuerdo, por supuesto, en que una práctica puramente mecánica no puede conseguir que el razonamiento estadístico se desarrolle plenamente. La capacidad de conducir un problema complejo hasta una solución eficiente por una vía metódica está muy cercana al desarrollo de un tipo de habilidades llamados genéricamente *hábitos intelectuales* (el razonamiento matemático es un ejemplo de estas capacidades que pretendemos inculcar en nuestros estudiantes). Se distinguen, de acuerdo con la taxonomía de Bloom¹¹, diferentes niveles, según el grado de abstracción que suponen:

1. Comprensión y conocimientos.
2. Aplicación.
3. Análisis.
4. Síntesis.
5. Evaluación.

Herramientas informáticas aplicadas a la docencia, tales como e-status, son un potente recurso para asistir al profesor y para fortalecer el aprendizaje del alumno, especialmente en los niveles inferiores. Los hábitos intelectuales de tipo analítico, sintético o evaluativo requieren mayor participación directa entre estudiante y profesor, que es quien puede valorar si las respuestas son apropiadas. En cualquier caso, no se debe asociar un recurso pedagógico por ordenador con enseñanza mecanicista. Si quiere explotar las posibilidades docentes del entorno, un profesor intentará plantear cuestiones en lenguaje llano que obliguen a reflexionar al estudiante sobre los matices de la pregunta, introducirá pistas o ayudas, e incluirá referencias (como enlaces a otras páginas de internet que contengan explicaciones, transparencias, ejemplos, etc.), evitando limitarse a plantear las preguntas comunes que el estudiante responderá por imitación (por ejemplo, no diciendo “calcular la media de la muestra”, sino “¿cuántos kilómetros, en promedio, recorren los coches observados con un litro de gasolina?”).

Diversos indicadores pueden ser útiles para sondear la calidad de la aplicación: escasa utilización de la herramienta, uso desigual entre los problemas propuestos, o respuestas persistentemente erróneas en ciertos problemas son señales de alarma que los profesores deben atender e interpretar, rectificando la planificación donde se estime oportuno.

Otras ventajas asociadas al uso de la aplicación son: a) intentando resolver ejercicios, los estudiantes encuentran un soporte material a sus dudas inconcretas, lo cual favorece el uso de las tutorías o asistencia a consultas con el profesor; b) los problemas que han de ser resueltos con e-status precisan normalmente un programa para realizar los cálculos, con lo cual el estudiante gana práctica en el uso de estos programas, normalmente el software utilizado en la asignatura; c) los estudiantes con más dificultades para seguir el curso presencial disponen de un recurso adicional al material clásico para ponerse a la altura de las exigencias, y que se adapta a sus horarios y a su

propio ritmo de trabajo; d) el grado de detalle de la información que se recoge la hace apropiada para asignaturas de pequeña o mediana dimensión (hasta 300 alumnos), una característica que no suele estar presente en otros entornos virtuales, normalmente restringidos a valores mucho más bajos para ser operativos.

4. Experiencia

4.1 Contexto académico

e-status se introduce en la docencia en el año 2003, aunque de manera gradual. En un primer momento, es ofrecido únicamente como una experiencia piloto, en la que participan voluntariamente los estudiantes, y sin repercusión en su calificación. Posteriormente, se incluye en la evaluación para una parte de los estudiantes de una asignatura considerada “grande”, *Estadística* de la Ingeniería de Informática (EI), que cuenta entre 200 y 300 alumnos. Finalmente, se aplica a todos los alumnos de la asignatura, si bien supone un máximo de un punto extra sobre la evaluación continua, consistente en dos pruebas parciales, seis cuestionarios de laboratorio y un examen final. Las asignaturas a las que se ha aplicado figuran en el cuadro I.

Cuadro I. Asignaturas que han incorporado e-status.

Asignatura	Titulación	Universidad
Estadística	Ingeniería de Informática	UPC
Bioestadística	Diplomatura de Estadística	UPC
Aplicaciones de la Estadística en las Ciencias de la Salud	Licenciatura en Ciencias y Técnicas Estadísticas	UPC
Estadística Matemática II	Diplomatura de Estadística	UPC
Análisis de datos	Ciencias Ambientales	UB [†]
Bioestadística	Odontología	UB
Principios para interpretar un informe científico	Curso de especialización (postgrado)	UPC

En lo que sigue, vamos a describir resultados y conclusiones que mayoritariamente se desprenden de la experiencia con Estadística de la EI durante el semestre de primavera de 2005. Este curso comenzó en febrero y finalizó en junio; consiste en catorce semanas de clases, cada una de las cuales supone 4 horas de teoría y 2 horas de laboratorio. En esta ocasión, se matricularon 231 alumnos.

La Facultad de Informática de la UPC ha iniciado sus trabajos para promover la adaptación de sus titulaciones a las directrices del ECTS, de manera que cada asignatura ha de incorporar en la guía docente una descripción que incluye los objetivos generales y específicos expresados en términos de conocimientos, habilidades y competencias, la metodología docente, el método de evaluación, además de los contenidos desarrollados según el esfuerzo que puede suponer en un alumno típico, y otros aspectos puntuales. El cuadro II muestra cómo se distribuyen las 180 horas que se exigen a un estudiante, a través de los diversos bloques temáticos de la asignatura.

Las tres primeras columnas (T, P, L) corresponden a las horas presenciales, 82, aunque este número puede variar ligeramente en función de las festividades intercaladas. El resto corresponden a la preparación de la asignatura, dedicación que contiene entre otras

[†] UB: Universidad de Barcelona

cosas la realización de problemas con e-status, aunque no se diga explícitamente en esta tabla.

Cuadro II. Contenidos de la asignatura Estadística (EI).

T	P	L	Alt	L Ext.	Est	A Ext.
Teoría	Problemas	Laboratorio	Otras actividades	Laboratorio externo	Estudio	Otras horas fuera de horario fijado

1. Estadística descriptiva	T	P	L	Alt	L Ext	Est	A Ext	Total
	0	0	8,0	0	8,0	0	0	16,0

Laboratorio: 4 semanas x 2 horas/sem.

2. Probabilidad	T	P	L	Alt	L Ext	Est	A Ext	Total
	4,0	2,0	0	0	0	6,0	0	12,0

3. Variable aleatoria	T	P	L	Alt	L Ext	Est	A Ext	Total
	14,0	4,0	0	0	0	22,0	0	40,0

Modelos de distribución de la probabilidad

4. Comparación de sistemas utilizando datos muestrales	T	P	L	Alt	L Ext	Est	A Ext	Total
	12,0	4,0	4,0	0	4,0	16,0	0	40,0

Muestreo, inferencia estadística, estimación, pruebas de hipótesis

5. Métodos estadísticos aplicados	T	P	L	Alt	L Ext	Est	A Ext	Total
	10,0	6,0	6,0	0	6,0	16,0	2,0	46,0

Modelo lineal, ANOVA

6. Introducción a la modelización de sistemas	T	P	L	Alt	L Ext	Est	A Ext	Total
	4,0	0	4,0	0	4,0	4,0	0	16,0

Introducción a la simulación
Aplicaciones en modelos de colas

Total por tipo	T	P	L	Alt	L Ext	Est	A Ext	Total
	44,0	16,0	22,0	0	22,0	64,0	2,0	170,0
Horas adicionales dedicadas a la evaluación:								10,0
Total horas de trabajo para el estudiante								180,0

4.2 Materiales y métodos

En el curso se ofrecieron 22 problemas de e-status, disponibles en el momento en que la exposición teórica permitía su resolución. Todos ellos se debían contestar en un tiempo limitado, pues no existía para ninguno la posibilidad de una respuesta diferida. Sin embargo, con la preparación suficiente y la ayuda de una hoja de cálculo, cualquier problema se podía resolver en menos de media hora.

Mediado el curso se notificó a los estudiantes cómo sería el proceso evaluatorio. Se computaría un indicador (conocido como *puntuación*), resultado de la suma ponderada de las calificaciones medias obtenidas para cada problema resuelto. Se adopta una ponderación a partir de la dificultad asignada al problema. Por ejemplo, si un estudiante tiene el siguiente historial:

<i>Problema</i>	<i>Dificultad</i>	<i>Peso</i>	<i>Nota media</i>	<i>Producto</i>
1	baja	0.4	8	3.2
2	media	0.7	7	4.9
3	alta	1.0	5	5
4	media	0.7	6	4.2
5	alta	1.0	7.5	7.5
				P=24.8

entonces ha obtenido una puntuación de 24.8. La nota resultante (un valor entre 0 y 1) se deduce a partir de la puntuación P según la expresión:

$$\text{Nota} = \frac{1}{1 + e^{-\alpha(P-\beta)}}, \text{ donde } \alpha \text{ vale } 1/5 \text{ y } \beta \text{ vale } 40.$$

En el caso del estudiante anterior, su nota vale sólo 0.046. Con 60 puntos habría obtenido el 98% de la nota. La figura 1 muestra el aspecto de la nota como función de la puntuación P alcanzada.

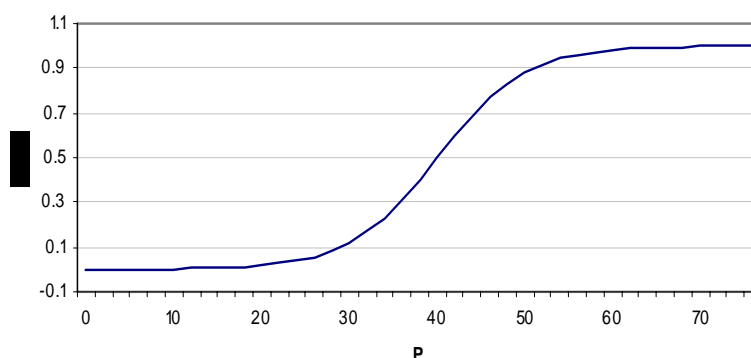


Figura 1. Valoración de la nota de resolución de problemas según puntuación.

Hay que aclarar que la puntuación es un dato que proporciona la aplicación, aunque no la nota resultante, ya que el criterio de evaluación puede considerar otros métodos. Por ejemplo, hemos utilizado en otra asignatura el promedio de la última resolución de cada problema propuesto. Es evidente que el criterio lleva a que el estudiante adopte una estrategia u otra a la hora de utilizar la herramienta. El estudiante de la EI, por ejemplo, ha de resolver bastantes problemas diferentes y hacerlo bastante bien globalmente, lo que le puede suponer la repetición de los problemas en los que empezó peor. El estudiante de la segunda asignatura no estará tan interesado en insistir sobre un problema como en obtener rápidamente una nota alta (este planteamiento es apropiado para una asignatura de últimos cursos, mientras que el primero es más útil en asignaturas de niveles iniciales).

En general, decidir el criterio que transforma el esfuerzo de los estudiantes en una calificación no es inmediato, pues hay que tener en cuenta el posible efecto que tal criterio provocaría en el alumnado. Las decisiones a adoptar han de considerar si existe un número mínimo de problemas a resolver, un límite en el tiempo o en número de

resoluciones, o un conjunto de problemas obligatorios, además de la determinación de los parámetros involucrados, α y β , en el caso de Estadística. Por lo demás, no se incluyó ningún tipo de restricción, excepto la fecha límite, coincidiendo con el día del examen final. Sí estamos de acuerdo en que es fundamental anunciar con toda claridad y con la máxima anticipación el criterio acordado entre los profesores.

4.3 Análisis descriptivo

En el cuadro III representamos el número de resoluciones de cada problema publicado en diferentes momentos del curso (no hemos recogido datos antes del 19º día del curso, aunque antes de esa fecha ya se habían publicado algunos).

Cuadro III. Evolución del número de problemas resueltos según ejercicio. El día 120 corresponde al 20 de junio, día de la prueba final.

Día	19	26	37	43	51	58	66	72	79	88	95	106	114	120
Probl.														
1										9	15	21	46	124
2	43	72	133	184	209	235	264	282	291	317	335	358	407	566
3	37	62	114	159	168	185	214	241	254	285	289	315	344	501
4	24	44	78	106	120	134	142	148	176	182	213	236	276	408
5	28	38	61	80	86	90	97	99	103	126	150	169	184	248
6							3	6	37	51	53	59	69	121
7							25	31	85	105	128	181	199	302
8									24	35	58	65	95	166
9												2	14	90
10						2	14	14	21	38	38	43	54	109
11					2	2	7	10	12	14	14	15	29	58
12					7	17	27	29	46	65	67	79	88	163
13			33	82	106	139	162	169	178	188	194	213	249	351
14				22	39	47	66	66	72	79	79	87	107	175
15			18	40	57	63	107	111	115	130	137	158	185	279
16	3	11	22	48	74	92	121	133	138	160	188	225	294	458
17			18	33	42	57	66	66	87	116	118	133	156	288
18						2	3	10	15	23	28	33	51	112
19								1	5	5	5	7	10	34
20										3	3	4	11	52
21											2	4	18	55
22												2	4	34
probs/día:		13.1	22.7	46.2	19.5	22.1	31.6	16.3	34.7	30.2	25.9	27.0	60.1	300.7
Total:	135	227	477	754	910	1065	1318	1416	1659	1931	2112	2409	2890	4694

En el citado cuadro podemos apreciar cómo, semana tras semana, va aumentando la frecuencia de uso de los ejercicios propuestos. Por supuesto, el ritmo es irregular: nótese, por ejemplo, las puntas en los días 43 y 79, coincidiendo con las pruebas parciales de las semanas 7 y 11, respectivamente, y en especial el impresionante *sprint* final, con un promedio de 300 problemas resueltos al día. También es muy variable la preferencia por los distintos ejercicios: mientras el más escogido ha sido solucionado 566 veces, otros han tenido menos de 100 intentos. Obviamente, aquellos publicados al principio han podido ser resueltos más a menudo, pero pensamos que también resultan más asequibles para los estudiantes que los que aparecen con los temas finales, generalmente más complejos.

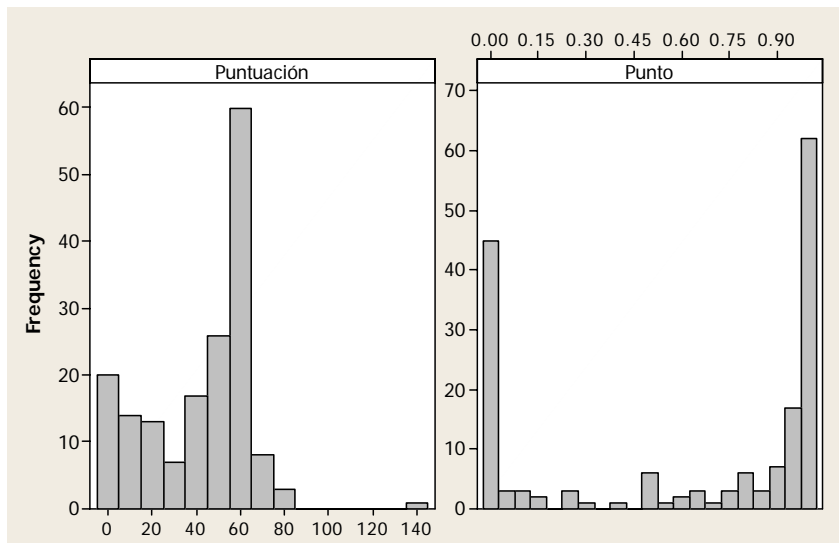
Esta información nos llevaría a reconsiderar el criterio mencionado anteriormente, para favorecer la resolución de los problemas de los últimos temas. Ello supone introducir algún tipo de restricciones en la manera de calcular la puntuación P, como por ejemplo la inclusión obligada de problemas de todos los bloques. Otra medida conveniente sería limitar en el tiempo el uso de los primeros bloques, para impedir la acumulación de trabajo cerca del examen final y acostumbrar al estudiante a llevar la asignatura al día.

Tal como se lee en el cuadro IV, de los 231 estudiantes matriculados, 96 habían probado e-status en el momento de la primera prueba parcial, y 169 (73.5%) al final de la asignatura. Esta serie experimenta una progresión lenta hasta los últimos días, en los que se incorporan una cantidad importante de rezagados, tal vez conscientes en el último minuto de lo que se les estaba escapando de las manos. Podemos ver que los esfuerzos postreros se traducen en un gran número de problemas resueltos (la puntuación acumulada de todos los estudiantes se eleva de 4628 a 7257 en sólo seis días), pero la puntuación promedio crece menos que la mediana –el valor que separa el 50% de la muestra– y por primera vez en el curso se sitúa por debajo, un indicador de que las últimas incorporaciones han conseguido principalmente valores bajos, es decir, estudiantes que han realizado un esfuerzo que en general no se ha transformado en una nota significativa (otra cuestión es que a raíz de ese esfuerzo sus resultados en el examen final hayan mejorado, pero esto es algo no directamente observable).

Cuadro IV. Evolución de diversos indicadores de rendimiento.

Día:	43	51	58	66	72	79	88	95	106	114	120
alumnos usuarios:	96	107	114	118	121	124	127	132	138	147	169
probs (dist) total:	347	415	482	568	601	702	806	860	991	1207	1943
probs/alumn:	3.61	3.88	4.23	4.81	4.97	5.66	6.35	6.52	7.18	8.21	11.50
puntuación total:	1275	1574	1825	2165	2321	2660	3090	3287	3802	4628	7257
punt. promedio:	13.28	14.71	16.01	18.34	19.18	21.45	24.33	24.90	27.55	31.48	42.94
punt. mediana:	10.43	11.49	14.67	16.52	18.00	20.20	21.35	21.74	25.52	28.41	50.61

Figura 2. Distribución de la puntuación final y de la correspondiente nota.



Tras el examen, los resultados alcanzados se muestran en la figura 2. 108 estudiantes consiguen 0.5 puntos o más que añaden a su nota final; 47 no obtienen ni el 5% del punto extra, y 62 no han hecho el menor intento de uso.

4.4 Consideraciones sobre el carácter experimental

Sería deseable poder afirmar con convicción que los estudiantes que practican problemas con una herramienta TIC como e-status mejoran sus resultados académicos. En la práctica, los comentarios personales de los propios alumnos y las ventajas que supone para el profesor hacen poco menos que indiscutible la conveniencia de usar la aplicación. No obstante, la cuestión queda sin resolver, a falta de pruebas científicas que justifique un uso que comporte un efecto positivo en el aprendizaje.

Tal prueba ha de obtenerse mediante el diseño de una experiencia que controle el factor en estudio, en este caso, el uso de la herramienta, y someta a contraste los resultados alcanzados por los diferentes grupos de asignación. Este sistema es el que se utiliza habitualmente en ciencias de la salud para determinar si un fármaco, o una intervención clínica, tiene un efecto relevante sobre el paciente. En estos casos, existe un grupo denominado *de control* que constituye el referente con el que se va a comparar el grupo *tratado*. Es indispensable la existencia de aquel grupo, de lo contrario cualquier factor escondido puede ser confundido con un supuesto efecto del tratamiento probado.

En el ámbito académico es muy complicado definir un experimento real, ya que es prácticamente imposible obtener dos grupos comparables en todo excepto en la intervención (metodología docente con y sin e-status). En cualquier caso, no se puede ocultar al alumno en qué grupo participa (diseño enmascarado), por razones obvias. Establecer en esta etapa una conclusión referente a un posible efecto favorable de la herramienta sería arriesgado, debido a la casi segura presencia de otros factores explicativos de la variable respuesta confundidos con la intervención.

Por ello, los profesores que trabajamos en este proyecto estamos desarrollando diseños que puedan adaptarse a esta situación siguiendo la metodología científica. Una alternativa que puede ser viable sería no ofrecer a todos los alumnos los mismos problemas, sino especializar diferentes grupos en diversas técnicas (adicionalmente, habría un conjunto de problemas común a todos). Por ejemplo, un grupo podría recibir un refuerzo de problemas sobre modelo lineal, otro sobre contraste de hipótesis con dos

muestras independientes, etc. El examen final se diseñaría teniendo en cuenta los temas de asignación, de modo que cada estudiante posee la nota de su(s) tema(s) y puede compararse con la de los estudiantes que no han practicado los mismos.

Este experimento resulta complejo por la dificultad para asegurar que los estudiantes son totalmente independientes unos de otros, un requisito necesario para el éxito del análisis estadístico. Es realista pensar que los alumnos estudian juntos, y que se ayudan entre sí a la hora de realizar ejercicios. Por otro lado, el análisis de los resultados de los exámenes, imprescindible para conocer la naturaleza de la experiencia, es bastante sorprendente, debido a las bajas correlaciones de las calificaciones en las cuatro preguntas que componen la prueba final. En general, la variabilidad de la nota en una pregunta está entre 2 y 2.5 puntos (desviación estándar). Que las puntuaciones en un problema de examen varíen no es un inconveniente, es sustancial a los individuos, que pueden afrontar un examen con mejor o peor preparación. Sin embargo, fluctuaciones importantes pueden implicar defecto de potencia, es decir, incapacidad para detectar un efecto que sí existe (es equivalente a entender un mensaje ofuscado por gran presencia de ruido); más aún, pudiera ser que el efecto que buscamos no sea de magnitud muy importante. Hemos de creer que el empleo de e-status no provoca cambios extremos en el rendimiento del alumno: a lo sumo, una mejora de uno o dos puntos, es decir, de la misma magnitud que la desviación estándar, o tal vez menos.

En el año 2004 llevamos a cabo otra experiencia pre-experimental¹² en la que comparamos un grupo que trabajó con e-status con otro que no tenía acceso pero que resolvía ejercicios de la manera tradicional. Los dos grupos no habían sido asignados al azar, ni respetaron escrupulosamente el protocolo, así que no eran realmente comparables. El análisis descriptivo, pero no confirmatorio, mostró que el primer grupo alcanzaba mejores resultados en el examen a medida que ascendía la nota obtenida resolviendo ejercicios (en su caso, con e-status; en caso del otro grupo, con la corrección habitual), aunque el grupo “control” era muy heterogéneo: en el primer grupo, la nota de ejercicios explica un 44% de la variación de la nota del examen, en el segundo, sólo un 8.2%.

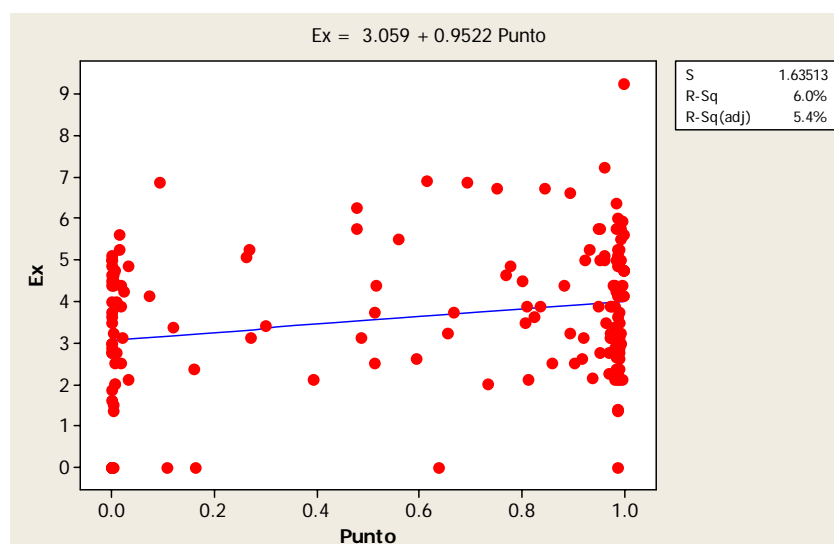


Figura 3. Diagrama de dispersión entre la nota conseguida con e-status y la nota del examen.

En el curso que nos ocupa en este trabajo todos los alumnos debían usar e-status, por lo que no se pueden contrastar con otro grupo. Si examinamos la relación de la nota extra obtenida con la nota del examen, aparece una asociación exigua pero significativa

(figura 3). En promedio, un alumno que haya conseguido el punto adicional consigue casi un punto más en la prueba del examen. La puntuación P es otra posible variable explicativa, ligeramente mejor que el punto (R-Sq: 10.4%).

Si comparamos los estudiantes que usaron alguna vez e-status con los 62 que no lo llegaron a usar encontramos:

Usa e-s	N	Mean	StDev	SE Mean
No	62	2.26	1.98	0.25
Sí	169	3.64	1.68	0.13,

que representa una diferencia estadísticamente significativa (t-valor: 5.28), y una diferencia promedio de (0.87, 1.90) puntos en el examen (IC 95%). Sin embargo, es evidente que estos grupos no son comparables, pues los que voluntariamente empezaron a usar e-status estaban más estimulados por la asignatura que los demás, y ese interés podría justificar por sí sólo el mejor resultado académico.

Previendo todos estos problemas, recopilamos una lista de estudiantes que habían accedido a e-status al menos el 30 de mayo y la hemos comparado con 37 alumnos que hicieron su primer uso en las últimas tres semanas antes del examen. Los datos reflejan que, en este grupo, la nota del examen es independiente de la puntuación conseguida con e-status. Los estadísticos descriptivos de los dos grupos respecto a la nota de la prueba final son los siguientes:

presente	N	Mean	StDev	SE Mean
0	37	3.12	1.42	0.23
1	132	3.79	1.72	0.15

Esta prueba podría interpretarse como que haber utilizado e-status con regularidad mejoraría la nota del examen una media de (0.06, 1.28) puntos, aunque nuevamente la explicación del propio estímulo sería un ejemplo de posible explicación alternativa.

Concluyendo, las ventajas que puedan venir asociadas al uso de e-status no son evidentes, pues existe una variabilidad importante en las medidas del rendimiento que dificultan la detección del posible efecto. Un análisis exploratorio de datos procedentes de diversas experiencias hace pensar que es verosímil suponer que tal efecto existe. Debería procederse, por tanto, a acumular evidencias que permitan defender con rigor científico la pertinencia del método.

4.5 Resultados de un sondeo de opinión

El último día del curso de primavera de 2005, y coincidiendo con el examen, se distribuyó a los alumnos una hoja con una encuesta de opinión. Las preguntas, con respuestas cerradas excepto una, aparecen en el cuadro V. Las respuestas proporcionadas, de forma anónima, se resumen también en el mismo cuadro. De los 231 alumnos matriculados, 198 asistieron a la prueba y 137 respondieron al cuestionario.

Las puntuaciones declaradas en la encuesta se distribuyen aproximadamente como las de los alumnos que trabajaron activamente, lo que lleva a pensar que muy pocos estudiantes que no realizaron problemas expresaron su opinión a través del cuestionario. En cuanto a las demás respuestas:

- el uso de la herramienta es irregular, pero no relegado al final del curso.
- Hay un amplio acuerdo en que los problemas cubren prácticamente todo el temario.
- Más del 70% declaran que han tenido bastantes problemas de comprensión. A nuestro entender, habría que distinguir entre las dificultades derivadas de una

expresión mejorable y las que corresponden a las lagunas conceptuales de los alumnos. En cualquier paso, indica un camino de mejora necesaria.

- El 86% responde que la herramienta le ha sido de ayuda, en grado diverso; quienes no han hallado utilidad tienen generalmente menos de 15 puntos.
- Dos de cada tres creen que la nota de su examen será mejor después de haber usado la aplicación.
- Tres de cada cuatro dicen que es estimulante la información que les transmite la aplicación sobre su trabajo.
- La principal razón que aducen quienes no lo han utilizado es la falta de tiempo; es muy probable también que los que tengan otras razones interesantes no se hayan manifestado.

En el último apartado se dejaba la opción de señalar otras razones no apuntadas. Alguna de ellas es necesario remarcarla, ya que se refiere a la aparición de eventuales errores de la aplicación. Es preciso insistir en que una aplicación informática no estará libre de errores, y aunque su presencia sea marginal es uno de los motivos de mayor descontento entre los estudiantes. e-status es una herramienta que sigue desarrollándose, tanto para eliminar los defectos detectados (a menudo, gracias a los avisos de los estudiantes), como para introducir nuevas funcionalidades que mejoren sus prestaciones. Mediante el contacto que hemos tenido con los alumnos que señalaban un fallo se ha determinado que hay básicamente dos tipos de problemas: errores reales, o bugs, y otras situaciones que el estudiante percibe como un error pero que corresponde al normal funcionamiento del programa (generalmente mejorable). Si a pesar de la documentación que presentamos sobre el manejo del programa se reiteran determinados patrones, es imprescindible modificar y simplificar su uso.

Cuadro V. Encuesta de valoración con los alumnos de Estadística (EI). Los valores entre paréntesis indican cuántos alumnos contestaron a esa pregunta.

Pregunta	Opciones	Porcentaje respuestas
¿Qué puntuación has obtenido? (135)	Menos de 15	21.48%
	Entre 15 y 25	3.70%
	Entre 25 y 40	10.37%
	Entre 40 y 55	18.52%
	Más de 55	45.93%
Sobre el uso que has hecho: (136)	Regular a lo largo del curso y frecuente	11.03%
	No frecuente pero sí empleado desde del principio	40.44%
	Lo he utilizado solamente al final del curso	28.68%
	No lo he utilizado mucho	19.85%
Sobre los temas cubiertos por los problemas publicados: (130)	Cubren prácticamente todo el temario	91.54%
	Hay algunos temas importantes no representados	6.92%
	Faltan muchos temas importantes	1.54%
Sobre la comprensión de los ejercicios: (132)	No he tenido problemas de interpretación nunca o casi nunca	28.79%
	A menudo no he captado el significado de algunas preguntas	71.21%
Sobre la utilidad de la aplicación: (132)	Resolver ejercicios me ha ayudado a comprender mejor los temas de la asignatura	40.91%
	Resolver ejercicios me ha ayudado puntualmente en algún tema	45.45%

	No he sacado provecho del trabajo realizado	13.64%
Sobre tus expectativas para el examen: (130)	Creo que el esfuerzo realizado me ayudará a subir la nota	65.38%
	Creo que la nota del examen será la misma que si no hubiera hecho problemas con e-status	30.77%
	Creo que hubiera sido mejor no haber hecho problemas con e-status	3.85%
Sobre la información acerca de tu trabajo: (130)	Creo que es estimulante tener un feedback de la herramienta	75.38%
	Creo que es una curiosidad, pero no es muy útil	18.46%
	No he entendido para qué servían estos datos, o no las he consultado	6.15%
Razones para no haber utilizado e-status (posible varias opciones) (137)	Prefiero hacer problemas como siempre	8
	Falta de tiempo	20
	La aplicación es complicada, o no me gusta	3
	No contesta	112

Finalmente, es importante destacar el resultado del ítem sobre la información: también es estimulante para nosotros comprobar que los alumnos aprecian mayoritariamente un factor que ha sido subrayado reiteradamente por las directrices del EEES.

5. Conclusiones

Las herramientas docentes basadas en TICs, si se emplean sistemáticamente, han de poder inducir una mejora significativa en la calidad del aprendizaje. Para ello, estas herramientas deben proporcionar al profesor los medios para tener un seguimiento efectivo de los estudiantes, permitir que la planificación inicial sea flexible ante cambios que sucedan durante el curso, y ofrecer un entorno simple pero potente a los estudiantes, de manera que estos puedan sentir que trabajar con la herramienta facilita la adquisición de conocimientos relacionados con la asignatura.

La tecnología puede resultar atractiva para un estudiante (o para un profesor) en nuestra universidad, pero no transformará un problema deficiente en uno realmente eficaz. El interés que provoca en el contexto educativo ha de justificarse por experiencias que prueben su valor para mejorar la calidad del aprendizaje y la docencia. Difícilmente puede valorarse este aspecto si no se obtiene y analiza la información resultante del uso que se hace de un nuevo producto por parte de los estudiantes.

A este respecto, el modelo del EEES facilita pautas a tener en cuenta para el desarrollo y aplicación de herramientas docentes. En el caso de e-status, delimitamos las siguientes líneas:

- Planificación:
 - ¿Qué problemas?
 - ¿Cuántos?
 - ¿En qué áreas y temas?
 - ¿Con qué grado de dificultad?
 - ¿Cómo se van a organizar?
 - ¿Cuándo se ofrecen al estudiante (temporización)? ¿Por cuánto tiempo?
- Metodología:
 - Informar al alumno: qué es la herramienta, cuál es su objetivo, y cuál no, cómo usarla adecuadamente.

- Recomendar un procedimiento: preparación previa (individual o en equipo), repetición, diversificación, uso de software de apoyo.
 - Promover la realimentación: consultar resultados, medir el propio progreso, comparar con los compañeros, proponerse objetivos.
 - Examinar frecuentemente el avance de los estudiantes: problemas más y menos resueltos, notas alcanzadas, ritmo a la altura del curso o retraso perceptible; determinación de acciones correctivas y reajustes.
- Evaluación:
- Insistir en que la herramienta proporciona inmediatamente una valoración para cada ejercicio resuelto, y también algunas medidas de carácter global.
 - Proporcionar claramente el criterio de valoración de la actividad, preferiblemente al inicio del curso.
 - Algunas pautas: promover el trabajo regular, en el tiempo y en las materias; evitar una excesiva penalización por los malos resultados, que puede desmotivar al alumnado; tener en cuenta los objetivos docentes, y centrar en ellos, en la medida de las posibilidades de la herramienta, los objetivos de los problemas.

El profesor ha de aportar el valor añadido de su experiencia docente construyendo las cuestiones que obliguen a meditar al alumno, y no sólo las que puede contestar de forma mecánica. El éxito de la experiencia dependerá de la implicación del profesor y de un cuidadoso diseño, no exento de imaginación, en la elaboración de problemas.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen al AGAUR la concesión de una ayuda para proyectos de mejora de la calidad de la docencia; asimismo, muestran su reconocimiento a los profesores: Lluís Jover (UB), Albert Sorribas (UdL), los compañeros del Departamento de EIO (UPC) y, por supuesto a todos los estudiantes que han colaborado, y siguen colaborando, en la construcción de e-status.

7. Referencias

- [1] Delors, Jacques; et al. *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI. http://www.unesco.org/education/pdf/DELORS_S.PDF
- [2] Dearing, Ron. *Higher Education in the Learning Society*. 1997 <http://www.leeds.ac.uk/educol/ncihe/>
- [3] *El model docent de la UPC a l'EEES*. Vicerrectorado de Ordenación académica, 2004. http://www.upc.edu/ees/contingut/arxiu/MODELDOCENT_02Desembre2004.pdf
- [4] Roberts, E.; Simonyi, C. Encouraging Top Students in Large Undergraduate Classes. *Speaking of Teaching*. Stanford University Newsletter on Teaching, Vol 8, No.2. 1997.
- [5] Saludes, J.; Martin, S.; Dalmau, M. *Parametric Exercises with Zope Server*. 2002 <http://www.symbolicnet.org/conferences/iamc2002/ml.pdf>
- [6] Poch, J.; et al. *A tool for the continuous assessment and improvement of the student's skills in a mathematics course*. TICE 2002. Technologies de l'information et de la

Communication dans les Enseignements d'Ingénieurs et dans l'Industrie. Proceedings of the Symposium. pp. 105-110, Lyon.

- [7] Gage, M.; Pizer, A.; Roth, V. *WeBWork, Generating, Delivering, and Checking Math Homework via the Internet*. ICTM2 International Congress for Teaching of Mathematics at the undergraduate level, Hersonissos, Crete, Greece. 2002.
- [8] Mayer, R.E. *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Paidós, Barcelona, 1986.
- [9] Schumacker, R.E. *Pedagogical considerations for Teaching Statistics*. Annual meeting of the American Educational Research Association. Seattle, Washington. April 13, 2001.
- [10] Garfield, J.B. *Beyond Testing and Grading: Using Assessment to Improve Student Learning*. Journal of Statistics Education v.2, n.1, 1994.
- [11] Bloom, B.S.; M.D. Engelhart; E.F. Furst. *Taxonomía de los objetos de la educación*. Alcoy Marfil, 1975.
- [12] González, JA; et al. *Una experiencia docente con e-status, generador automático de problemas numéricos en web*. XXVIII Congreso de la SEIO. Cádiz, 2004.