

# Tinta digital aplicada a la enseñanza universitaria de la Informática: menos lecciones y más actividades

José-V. Benlloch-Dualde, Félix Buendía García,

Juan-Carlos Cano Escrivá

Departamento de Informática de Sistemas y Computadores

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática

Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España

Camino de Vera S/N 46022 Valencia

{jbenlloc, fbuendia, jucano}@disca.upv.es

## Resumen

Este trabajo resume los resultados iniciales de un proyecto de innovación que utiliza Tablet-PCs conectados en red como elementos clave para desarrollar un entorno de enseñanza-aprendizaje interactivo. Los objetivos del mismo son reducir tanto las tasas de absentismo como las de abandono (actualmente superior al 50%) y, sobre todo, facilitar el aprendizaje y mejorar el rendimiento académico. El proyecto ha sido aplicado durante el segundo cuatrimestre del curso 08-09 a un grupo piloto de 20 alumnos de Ampliación de Tecnología de Computadores, asignatura obligatoria de primer curso de Ingeniería Técnica de Informática de Sistemas, en la Universidad Politécnica de Valencia. Los resultados preliminares en este grupo muestran que la tasa de abandono se ha reducido más de un 50%, mientras que el número de aprobados, en la convocatoria de junio, se ha doblado con respecto al valor medio del resto de grupos. Por otro lado, un análisis cualitativo de la experiencia ha proporcionado una muy buena percepción tanto por parte de los alumnos como del personal participante en la misma.

## 1. Introducción

El extraordinario avance de las tecnologías de la información y la comunicación durante las últimas décadas no ha modificado, en términos generales, el modelo instructivo que podemos encontrar en muchas de nuestras aulas de Ingeniería. El modelo de lección magistral continúa siendo el más extendido, si bien ahora es

frecuente que el profesor presente los contenidos apoyado por diapositivas generadas en las típicas aplicaciones informáticas.

Con este tipo de modelo, resulta difícil mantener la concentración de los estudiantes durante las típicas sesiones de, al menos, una hora de duración. Stuart y Rutherford [1] estudiaron la concentración de los estudiantes en este tipo de clases y llegaron a la conclusión que “la concentración llega a su punto máximo a los 10-15 minutos para caer bruscamente hasta el final de la lección”.

Algunos estudios sobre el aprendizaje evidencian que la tecnología puede aportar importantes cambios en el aula, reduciendo algunos de los problemas asociados al modelo tradicional centrado en el profesor [2]. Si es indudable que las posibilidades de un computador personal son múltiples, éstas se incrementan de forma significativa cuando incorporamos como elemento de la interfaz de usuario, un bolígrafo especial que produce tinta digital, dando nombre a las llamadas Pen-based technologies. De entre los distintos dispositivos pertenecientes a esta familia, destaca el Tablet PC, que podríamos definir como un computador portátil que permite a los usuarios introducir información sobre una pantalla digitalizadora, gracias a un bolígrafo especial que suele incluir un componente basado en Radio Frecuencia.

La versatilidad de los Tablet PCs ayuda a desarrollar un entorno educativo mucho más interactivo y permite modificar el rol que tanto profesores como alumnos tienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En particular, el potencial de estas tecnologías se incrementa notablemente

cuando los equipos del profesor y de los estudiantes se conectan en red.

Por un lado, un entorno educativo con Tablet PCs permite a los alumnos, entre otras cosas: (a) usar la tinta digital para tomar notas o realizar marcas sobre la documentación original durante la presentación; (b) escribir o esbozar gráficamente ideas con total libertad; (c) participar activamente y de forma anónima contestando a las preguntas planteadas por el profesor y (d) recibir realimentación inmediata, por parte del profesor, sobre el trabajo realizado.

Por otro lado, este tipo de entornos permite a los profesores: (a) utilizar el bolígrafo para subrayar conceptos sobre la presentación y añadir cuantas cosas considere de interés, con la ventaja que puede almacenarse con posterioridad; (b) seleccionar, de entre las contribuciones recibidas, aquellas que puedan ayudar tanto a fijar errores comunes como a resolver de forma adecuada las preguntas planteadas y mostrarlas a la clase, promoviendo el aprendizaje cooperativo; (c) plantear preguntas cortas a los estudiantes, a modo de sondeo, obteniendo una idea cuantitativa del nivel de comprensión alcanzado; (d) realizar tutorías a distancia y poder escribir sobre una pizarra electrónica común; (e) revisar cualquier tarea o examen en tinta digital y poder devolverlo al alumno.

En este trabajo describimos una experiencia piloto en un primer curso de Ingeniería Técnica Informática, en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), como parte de un proyecto de innovación educativa donde el uso de Tablet PCs conectados en red ha permitido desarrollar un entorno educativo centrado en la actividad del alumno y donde la tecnología ha favorecido tanto la interacción profesor-alumno, como la cooperación entre pares.

El resto del trabajo se organiza como sigue. La sección 2 presenta los problemas que han motivado este trabajo y describe el contexto. La sección 3 describe la experiencia y la solución tecnológica empleada. La sección 4 explica cómo se ha evaluado la experiencia y muestra los resultados obtenidos. Finalmente, la sección 5 presenta las conclusiones de la experiencia y apunta las líneas para el trabajo futuro.

## 2. Motivación y Contexto

Durante los últimos años, el interés en nuestro país por las ingenierías relacionadas con las TICs y, más concretamente, por las ingenierías informáticas, ha sufrido un declive considerable [3]. Esta afirmación se apoya en la caída patente de la demanda de nuevas matriculaciones que suele llevar aparejada, un descenso en la nota de acceso exigida a los alumnos de nuevo ingreso.

Paralelamente a ese hecho, un estudio realizado en ocho universidades españolas constata una caída en el rendimiento académico de los estudiantes de ingenierías informáticas, que resulta especialmente llamativo en el primer curso [4]. Si bien no se conocen con exactitud las causas de estos malos resultados, los estudios realizados en la Universidad Politécnica de Valencia referidos a las titulaciones de ingeniería informática apuntan algunas pistas, como por ejemplo: bajos ratios de asistencia a clase, elevados índices de abandono durante el curso, falta de motivación por las disciplinas y la consecuente baja dedicación a las mismas, baja participación en las aulas e incumplimiento de las tareas propuestas, entre otras.

La Figura 1 utiliza como indicador global de rendimiento los porcentajes de aprobados, suspensos y abandonos en las asignaturas obligatorias de primer curso en las Ingenierías Técnicas de Informática (ITIG e ITIS), de la UPV. El gráfico muestra que menos de la mitad de los alumnos matriculados superan estas asignaturas y, lo que resulta peor, algunos años el porcentaje de abandonos supera al correspondiente de aprobados.

Es evidente que todos estos indicadores reflejan una situación académica que, como docentes, hemos de intentar cambiar. Creemos que el modelo instructivo tradicional donde el profesor sigue teniendo el papel predominante en el proceso de enseñanza-aprendizaje puede ser uno de los factores que expliquen esta situación. Por otra parte, el hecho de que el alumno disponga previamente de una buena parte del material que utiliza el profesor, le conduce, en no pocos casos, a una relajación excesiva y a una implicación bastante menor, en su aprendizaje. Por último, la evaluación basada en exámenes escritos, realizados al final del periodo académico y, por tanto, carentes de la oportuna realimentación,

puede ser otro de los elementos que expliquen estos malos resultados.

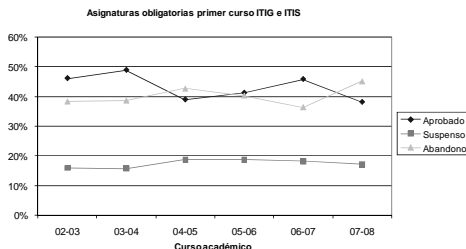


Figura 1. Rendimiento académico global durante los seis últimos cursos.

Inspirados por los Seven Principles for Good practice in Undergraduate Education [5] que resumen décadas de investigación con estudiantes universitarios de grado, en este trabajo se plantea un modelo educativo basado en metodologías activas y donde el uso de tecnologías de Tablet PCs conectados en red, pretende fomentar tanto la interacción profesor-alumno como la colaboración entre pares. Por otra parte, este nuevo entorno permite que el profesor emplee otro tipo de prácticas evaluadoras, distribuidas durante todo el periodo académico y que además, habilitan una realimentación inmediata.

En particular, el proyecto se aplica a un grupo experimental de Ampliación de Tecnología de Computadores (ATC), una asignatura obligatoria de segundo cuatrimestre de la Ingeniería Técnica de Informática de Sistemas, que tiene como prerrequisito la asignatura Fundamentos Físicos de la Informática (FFI), impartida en el primer cuatrimestre. En ambos casos, la problemática descrita en párrafos anteriores se agudiza. Por ejemplo, en el caso de ATC, durante los tres últimos cursos académicos se tiene que (a) alrededor del 50% de los matriculados abandonan el curso y (b) el porcentaje de aprobados sobre matriculados es del orden de un 25%.

En cuanto a contenidos, la asignatura objeto de este estudio está dividida en dos bloques temáticos principales. El primero parte de los conocimientos adquiridos en FFI y se centra en dispositivos semiconductores: diodo, transistor bipolar y transistor de efecto de campo. El segundo bloque parte de los conocimientos adquiridos para abordar

el elemento nuclear de la asignatura, las familias lógicas, haciendo especial hincapié en las tecnologías CMOS.

### 3. Descripción de la experiencia

Durante el curso 2008-09, la asignatura ATC tenía 300 alumnos matriculados en 5 grupos de teoría. Se escogió el más numeroso y se comunicó a todos sus alumnos la posibilidad de formar parte de una experiencia piloto en la asignatura, donde cada alumno dispondría de un Tablet PC. Por estricto orden de petición, se configuró un nuevo grupo, con el mismo horario de matrícula, de sólo 20 alumnos, cifra que venía condicionada por el número de equipos disponibles y el enfoque “1-to-1 computing” que, en este primer intento, se pretendía aplicar, con el fin de valorar mejor las posibilidades de la tecnología. El grupo estaba formado por 12 alumnos de nuevo ingreso y 8 que ya habían estado matriculados alguna vez en la asignatura, lo que además reflejaba una situación bastante habitual en el resto de grupos. Es importante señalar en este punto que el número de peticiones excedió con mucho, las plazas disponibles.

#### 3.1. Objetivos del proyecto. Diseño de la experiencia

El reto planteado era desarrollar un nuevo entorno educativo donde, centrados en la aplicación de la tecnología móvil en el aula, pudiéramos alcanzar los siguientes objetivos: (a) aumentar la asistencia a clase y reducir la tasa de abandono; (b) incrementar la participación del alumno en las actividades de aula; (c) incorporar estrategias de evaluación formativa, mejorando la realimentación a los estudiantes, a su debido tiempo y, finalmente, (d) mejorar el rendimiento académico de los estudiantes.

Dado que uno de los condicionantes era no cambiar el programa de la asignatura, para así poder comparar los resultados obtenidos en el grupo experimental con el resto de grupos, las primeras actuaciones se centraron en los aspectos metodológicos y organizativos.

El Plan de Ordenación Docente de la asignatura asigna, por semana, 2 horas de clase de teoría y 2 de clase de problemas. Cada grupo de teoría se divide en 2 grupos de problemas para favorecer así la participación del alumnado y la

interacción con el profesor. Estos grupos de problemas suelen tener hasta unos 40 alumnos matriculados, si bien en la práctica, no acuden regularmente más de 20 alumnos a las sesiones. En ambos grupos, el profesor toma el rol principal bien exponiendo los contenidos, apoyado por unas diapositivas, o bien ofreciendo guías y, no pocas veces resolviendo los ejercicios planteados en la pizarra.

En el grupo experimental, el reducido número de alumnos permitió eliminar la distinción entre sesiones de teoría y de problemas. Desde el punto de vista metodológico, la primera apuesta fue dedicar no más de un 25% del tiempo de una sesión a que el profesor expusiera contenidos, de modo que el tiempo restante, se programaba para actividades del alumno, bien de forma individual o por grupos. Para poder aplicar este enfoque, el esfuerzo de los profesores se ha centrado en: (a) reducción de los contenidos de las presentaciones a lo que se considera fundamental, (b) selección de herramientas disponibles (como el simulador PSpice) y/o producción de recursos didácticos (vídeos, animaciones, applets Java) que ayuden al estudiante a complementar las exposiciones del profesor, insistiendo en aquellos aspectos más difíciles de comprender (c) diseño de ejercicios y problemas que permitan aplicar los conceptos presentados y así obtener niveles superiores de aprendizaje y (d) diseño de pruebas de evaluación que permitan comprobar frecuentemente la consecución de los objetivos de aprendizaje planteados y así poder proporcionar la realimentación correspondiente.

La imposibilidad, por incompatibilidades horarias, de que todos los alumnos del grupo experimental acudieran a una misma sesión de laboratorio, ha impedido que el enfoque de las actividades de laboratorio pudiera ser distinto en el grupo Tablet PC. Esto es, los alumnos del grupo Tablet han cursado las prácticas distribuyéndose entre los distintos grupos convencionales.

### 3.2. Solución empleada

Una vez fijados los aspectos de diseño, se exponen algunos detalles sobre la implementación de la experiencia y cuál ha sido el papel de la tecnología en este enfoque.

En nuestro caso, se ha configurado una red inalámbrica donde se conectan los 20 Tablet PCs de los estudiantes junto con el del profesor, este último, a su vez, conectado con el proyector multimedia. Los equipos se guardan en un mueble especial (Mobile Net Education Center) que incluye también el punto de acceso y facilidades para la recarga de los equipos a la red, de modo que, en el momento de comenzar una clase, se encuentren completamente operativos. Todo este equipamiento ha sido financiado por Hewlett Packard en el marco del HP Technology for Teaching Grant Initiative, Transforming Teaching and Learning through Technology, en la convocatoria del año 2008.

Las posibilidades de este tipo de tecnología móvil se incrementan notablemente mediante el uso de aplicaciones software diseñadas específicamente para su uso en el ámbito educativo. En la actualidad se pueden encontrar distintas soluciones de este tipo, tanto comerciales como gratuitas. En nuestra experiencia, se ha optado por una de este segundo grupo. Se trata de Classroom Presenter (CP), una herramienta desarrollada por la Universidad de Washington [6] que se adapta perfectamente a nuestro planteamiento pues, entre otras muchas cosas, permite: (a) compartir la presentación con los estudiantes y que tanto profesor como alumno puedan incorporar anotaciones o marcas haciendo uso de la tinta digital; (b) recibir contribuciones anónimas de los alumnos, que luego el profesor puede comentarlas sobre el proyector y comentar; (c) realizar sondeos con preguntas de tipo test de respuesta múltiple o Verdadero /Falso y mostrar los resultados estadísticos en un gráfico de barras, para poder así comprobar el progreso de los estudiantes; (d) disponer de una pizarra electrónica. El hecho de que el profesor reciba las contribuciones de sus alumnos le permite tener un registro de la actividad diaria y, a posteriori, analizar con más calma el nivel de consecución de objetivos de sus estudiantes. Esto posibilitará al docente reconducir los planteamientos erróneos o plantear actividades de refuerzo. Por su parte, también los alumnos pueden guardarse la presentación del profesor junto con las anotaciones que sobre la misma haya podido realizar, además de su actividad diaria.

8.4 El circuito de la figura utiliza un transistor cuya ganancia de corriente es  $\beta = 50$ . Sabiendo que  $V_{BE(sat)} = 0.6V$ ,  $R_1 = 80K\Omega$ ,  $R_2 = 10K\Omega$ ,  $V_{CE(sat)} = 0.2V$  y que la tensión de alimentación es  $V_{CC} = 5V$ , se pide:

**Datos:**  
 $\beta = 50$   
 $V_{BE(sat)} = 0.6V$   
 $R_1 = 80K\Omega$   
 $R_2 = 10K\Omega$   
 $V_{CE(sat)} = 0.2V$   
 $V_{CC} = 5V$

[A] (0.5p) Calcule el punto de trabajo del transistor cuando la tensión de entrada sea  $V_1 = 1V$ .

**Respuesta:**  $V_{CE} = 2.5V$   $I_{CQ} = 0.25mA$

Figura 2. Ejemplo de ejercicio sobre transistores bipolares que incluye las revisiones del profesor

En una asignatura como Ampliación de Tecnología de Computadores, el hecho de poder utilizar la tinta digital se ha mostrado de gran utilidad ya que tanto profesor como alumno pueden dibujar libremente los esquemas de los circuitos, señalar los sentidos de las corrientes, confeccionar cronogramas y, por supuesto, plantear ecuaciones para el análisis de los mismos, todo ello de una forma bastante natural y cómoda, superada la fase inicial de adaptación. Adicionalmente, la tinta también ha resultado especialmente efectiva a la hora de revisar los ejercicios realizados por los estudiantes, pues ha permitido incorporar, con total libertad, cualquier tipo de marca o comentario sobre la resolución original, pudiendo ser enviadas a los alumnos en formato electrónico. La Figura 2 muestra un ejemplo de ejercicio sobre transistores bipolares que incluye las marcas de revisión del profesor y la nota asignada.

Por otra parte, el hecho de disponer en el aula de un computador por alumno, ha permitido también beneficiarse de todas las posibilidades que la plataforma educativa de la Universidad, llamada PoliformaT (basada en Sakai), nos proporciona. Podemos destacar el acceso a todos los recursos de la asignatura, plantear tareas con sus correspondientes restricciones temporales o realizar exámenes, además de las típicas herramientas de comunicación que incluye: anuncios, calendario, correo electrónico, etc.

#### 4. Evaluación de la experiencia

Para evaluar la efectividad de la experiencia se han comparado en primera instancia dos grupos, el experimental utilizando Tablet PCs y un grupo de problemas de 34 alumnos, considerado como grupo Control, y en el que tanto la teoría como los problemas han sido impartidos por el mismo profesor encargado del grupo Tablet PC, si bien esta vez siguiendo el enfoque del resto de los grupos. Se ha considerado además conveniente calcular los indicadores escogidos en el análisis, para el total de los alumnos matriculados en la asignatura (grupo Todos).

En aras a conseguir una evaluación más objetiva se ha decidido utilizar como indicadores la asistencia a clase y el rendimiento global en la asignatura. Para el primero de ellos la Escuela dispone de un sistema de control de firmas, para los alumnos de primer curso, que nos asegura que todos los grupos serán gestionados de idéntica manera. Con respecto al segundo indicador, es importante señalar que los alumnos del grupo experimental (o grupo Tablet) se evalúan de la misma forma que el resto de grupos, a excepción de la llamada nota de actividad, que es asignada por el profesor de problemas y representa un 10% de la nota final de la asignatura. En el caso del grupo experimental, las pruebas específicas de evaluación realizadas a lo largo del cuatrimestre,

han permitido realizar una asignación más objetiva de esta nota.

En la Figura 3 se observa que la asistencia a clase en el grupo Tablet ha aumentado considerablemente, doblando prácticamente los ratios obtenidos en el resto de grupos. Si consideramos el valor intermedio del 67% (asistencia a dos tercios del total de sesiones), un 60% de los alumnos en el grupo experimental lo cumplen, frente a un 32% en el grupo control o un 30% para el total de los grupos.

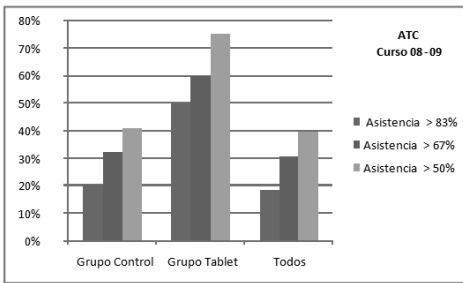


Figura 3. Datos comparativos de asistencia a las sesiones de clase para el grupo experimental y el resto de grupos.

Del mismo modo, cuando consideramos los porcentajes de alumnos que no llegan al 50% de asistencias, en el grupo Tablet se tiene un 25%, comparado con alrededor de un 60% tanto en el grupo control como en el global de grupos.

Es importante señalar que el colectivo de alumnos que no alcanza el 50% de asistencias en el grupo Tablet se identifica, en gran medida, con aquéllos que han abandonado la asignatura antes de la mitad del cuatrimestre. No podemos realizar tal afirmación para el resto de grupos, pero viendo los ratios de no presentados en la asignatura, la relación podría ser similar.

Para valorar la bondad de nuestra aproximación en cuanto a rendimiento académico, hemos considerado las notas finales en el conjunto de las dos convocatorias existentes por curso (junio y septiembre), ya que suponen el compendio de la evaluación de todos los aspectos de la asignatura: teoría, resolución de problemas y prácticas de laboratorio.

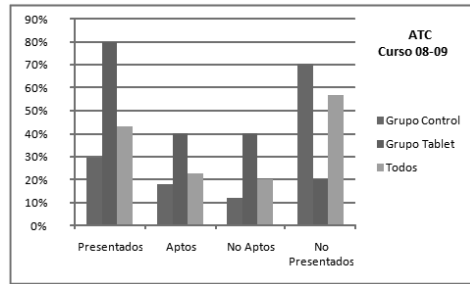


Figura 4. Datos comparativos de rendimiento académico para el grupo experimental y el resto de grupos.

Tal y como muestra la Figura 4, un 40% de los alumnos del grupo experimental superan la asignatura frente a alrededor de un 20% que lo hacen tanto en el grupo control como en el total de los grupos. Si bien el porcentaje de alumnos aprobados en el grupo Tablet podemos considerarlo todavía muy bajo, resulta esperanzador comparado con los resultados del resto de grupos, tristemente habitual durante los últimos cursos académicos. Por otra parte, queremos destacar el alto número de presentados a los exámenes, que en el caso del grupo Tablet ha alcanzado el 80%, cifra muy superior a la que año tras año encontramos en la asignatura y que se repite este curso en el resto de grupos, donde apenas supera el 40%. Pese a que los resultados demuestran que la mitad de estos alumnos no han superado la asignatura, consideramos un indicio de compromiso el hecho de intentarlo y creemos que es un gran avance respecto al frecuente abandono de la asignatura. Además, los alumnos del grupo Tablet que superan la asignatura han obtenido una calificación media de 7.8, algo superior a la obtenida en el grupo control que alcanzaba 7.3, siempre en una escala de 10 puntos.

En las encuestas realizadas tanto a mitad de la experiencia como al final de la misma, los alumnos han valorado muy positivamente el nuevo entorno educativo. No obstante, argumentan que les resulta un cambio bastante fuerte respecto al planteamiento tradicional, pues para afrontar diariamente las actividades planteadas, les exige un estudio previo al que no están habituados. Quizás el principal inconveniente que destacan es que el Tablet supone, no pocas veces, una invitación a la distracción, pues pueden navegar libremente por Internet. No obstante, la mayoría

no dudan en recomendar la experiencia a un compañero.

## 5. Conclusiones

Si bien se trata de una primera experiencia en el uso de una tecnología nueva para los participantes en este proyecto y que realmente supone un cambio drástico en el modelo educativo a emplear, la valoración es francamente positiva, pues hemos podido cumplir gran parte de los objetivos propuestos. En particular, queremos destacar que: (a) los ratios de asistencia y de abandonos han mejorado notablemente, (b) los porcentajes de aprobados y presentados en el grupo Tablet casi han doblado los correspondientes al resto de grupos, (c) la tecnología ha mejorado notablemente el clima del aula y ha favorecido la actividad diaria del alumno y su implicación por la asignatura, (d) las prácticas de evaluación formativa utilizadas durante el curso han contribuido a mejorar los logros de aprendizaje de nuestros estudiantes. En cuanto a los aspectos negativos, quizás el más destacable es el hecho de que algunos alumnos han identificado el Tablet como un elemento que “invita” a la distracción.

Es evidente que queda mucho camino por recorrer y que parte del esfuerzo ha de dedicarse a mejorar las competencias de los docentes para aprovechar las posibilidades de esta tecnología. Además, creemos que se ha de potenciar el desarrollo de recursos específicos que favorezcan el aprendizaje autónomo de nuestros estudiantes y, no menos importante, contribuir al cambio de actitud de nuestros alumnos, hasta conseguir que su protagonismo en el proceso, pase a un primer plano.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la ayuda concedida por Hewlett Packard en el marco del HP Technology for Teaching Grant Initiative, Transforming Teaching and Learning through Technology, en la convocatoria del año 2008, y a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la UPV.

## Referencias

- [1] J. Stuart and R.J. Rutherford, “Medical student concentration during lectures”, *Lancet* 2 (8088), 1978, pp. 514–516.
- [2] J.D. Bransford, A. L. Brown and R.R. Cocking eds., *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, National Academy Press, Washington, D.C., USA, 1999.
- [3] R. Capilla, *Análisis estratégico de los estudios TIC en la Universidad Politécnica de Valencia*, Tesis doctoral Universidad Politécnica de Valencia, 2009.
- [4] J. Más Estellés et al., “Rendimiento académico de los estudios de Informática en algunos centros españoles”, XV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENU), Barcelona, Spain, 8-10 de Julio 2009.
- [5] A. Chickering and Z. Gamson, “Seven principles of good practice in undergraduate education”, *AAHE Bulletin*, 39, 1987, pp. 3-7.
- [6] R. Anderson, R. Anderson, P. Davis, N. Linnell, C. Prince, V. Razmov, F. Videon, “Classroom Presenter: Enhancing Interactive Education with Digital Ink”. *Computer*, 40(9), 2007, pp. 56-61.