

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Departamento de Informática de Sistemas y Computadores



**Propuesta Metodológica para el Uso de  
las Tecnologías de Tinta Digital en los  
Procesos Formativos del  
Ámbito de la Educación Superior**

Tesis Doctoral

Autor

José-V. Benlloch-Dualde

Directores

Dr. Félix Buendía García

Dr. Juan Carlos Cano Escribá

Junio de 2014



*A mis padres, Isabel y José María,  
en deuda de gratitud por todo lo que hicieron por mí.*



# Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer toda su dedicación, paciencia y constante aliento a mis directores de tesis, Félix y Juan Carlos. Estoy seguro de que sin ellos esta aventura, ni siquiera hubiera comenzado.

A los colegas del equipo de innovación iNNOVATiNK y, muy especialmente, a Lenin Lemus, Pedro Gil, Nati Prieto, Ángel Perles, Jorge Más, Sara Blanc, Carlos Herrero, Daniela Gil, y Adelina Bolta, pues su colaboración ha sido fundamental para la realización de este trabajo.

A la dirección de la ETSINF, y muy especialmente a su director, Eduardo Vendrell, y a Miguel Sánchez, que siempre creyeron en nuestro proyecto y lo apoyaron constantemente.

A Emilio Bayo, a Juanma García, y al resto de técnicos de la ETSINF y del DISCA, que siempre tuvieron a punto las infraestructuras necesarias para poder desarrollar este trabajo.

A Vicky Gutiérrez, por su inestimable colaboración en la parte experimental del mismo.

A mi buen colega Oscar Martínez Bonastre, al que tuve la suerte de conocer en un evento hace ya bastantes años y ha sido, sin duda, uno de los que más me ha enseñado en este ámbito.

A Vicent Esteban Chapapría, Miguel Ferrando y Miguel Ángel Fernández de Prada, por ofrecerme la oportunidad de presentar el proyecto de innovación a Hewlett Packard, que se convirtió en el germen de todo este trabajo.

A José Miguel Carot y Andrea Conchado, por ayudarme a comprender muchos de los conceptos de estadística que he necesitado en este trabajo.

A Ángel Rodas, Gabriela Andreu, José Miguel Valiente, Manolo Agustí, Vicente Atienza, Fernando López, Alberto Pérez, Floreal Acebrón, y al resto de compañeros del grupo de Visión por Computador, por todo lo que me han ayudado siempre. Un recuerdo muy particular a Pedro Albertos, que me dio las primeras oportunidades en el ámbito de la investigación.

A José M<sup>a</sup> Torralba, un referente en nuestra Universidad, por sus sabios consejos y su apoyo incondicional.

A Inmaculada Plaza, Francisco Javier Arcega, Juanjo Marcuello, Paco Martínez, Piedad Garrido y al resto de colegas de la Universidad de Zaragoza, por sus sugerencias y apoyo.

A Martín Llamas, Juan Carlos Burguillo y Fernando Mikic, colegas de la Universidad de Vigo, por su constante aliento.

A mi departamento en su conjunto y, en particular, a algunos de los colegas que más me han ayudado durante esta larga andadura: Ginés Benet, Alfons Crespo, Juan Luis Posadas, María Engracia Gómez, Pedro López, Carlos T. Calafate, Alberto Bonastre, y tantos otros.

A mi gran amigo Ángel García, de la Universidad de Málaga que, desde donde quiera que esté, seguro que se alegra por este logro.

A mi hermana Isabel, por lo mucho que me ha dado, cuando más lo necesitaba.

No querría terminar esta sección sin expresar mi más sincero agradecimiento a los que durante estos últimos años se han sacrificado conmigo, mi mujer, María Ángeles, y mis hijos, Víctor e Isabel, y al resto de la familia. Espero poder devolverles parte del tiempo que les he negado.

A todos, muchas gracias.

*Change is like sunshine... some change because they see the light,  
some change because they feel the heat.*



# Resumen

Numerosos 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. Si es indudable que las posibilidades de un ordenador 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 “tecnologías de tinta digital” (*pen-based technology*). Entre los dispositivos de estas tecnologías destaca la tableta PC, que es un computador portátil convencional cuya pantalla actúa tanto como dispositivo de presentación como de entrada de datos. Estos dispositivos permiten realizar todo tipo de trazos a mano alzada para escribir, dibujar, realizar esquemas y diagramas, producir bocetos, expresar ideas de forma visual, todo ello de forma semejante a como se haría con un bolígrafo y un papel, pero con las ventajas añadidas de los formatos digitales.

Si bien la literatura recoge muchas experiencias de uso de estas tecnologías en el ámbito de la educación superior, en general adolecen de una aproximación metodológica que facilite su correcta integración. El objetivo principal de esta tesis consiste en desarrollar una propuesta metodológica que, partiendo de un determinado modelo instructivo, permita guiar a los docentes en la incorporación de las tecnologías de tinta digital, de una manera sistemática.

Utilizando el modelo de diseño instructivo ADDIE como referencia, los procedimientos propuestos se basan en el modelado previo mediante mapas conceptuales de los distintos elementos de conocimiento que caracterizan, por un lado, el enfoque instructivo del curso o experiencia formativa y, por otro, las tecnologías que se va a incorporar. El proceso de correspondencia entre dominios se encarga de buscar aquellas relaciones que hacen posible la generación de las recomendaciones de uso de las tecnologías. Esta propuesta ha sido complementada con la introducción de un catálogo de patrones de diseño de tinta digital que, actuando como mecanismos mediadores, resumen lo que desde nuestra experiencia consideramos buenas prácticas en el uso de estas tecnologías.

Nuestra propuesta metodológica ha sido evaluada mediante la participación de sus principales destinatarios, profesores y alumnos. Los resultados obtenidos tanto en los numerosos talleres a profesores, como en las experiencias de aula en grupos convencionales, han probado que dichas propuestas pueden ser una forma efectiva de integrar las tecnologías de tinta digital en los procesos formativos.

# Abstract

Numerous studies show that ICTs can bring about major changes in the classroom, thereby easing some of the problems associated with the traditional, teacher-centered model of instruction. The personal computer's already numerous and unquestionable capabilities increase markedly when a special pen that produces digital ink—hence, the term pen-based technologies (PBTs)—is added as a component of the user interface. The tablet PC—a conventional portable computer with a screen that acts as a device for both presentation and data entry, —is among the leading devices that use this technology. These devices accept all types of strokes made by the user's hand, raised to the screen, for writing, drawing, creating schematics and diagrams, making sketches, expressing ideas visually—all in a manner similar to the way one would do it using pen and paper but with the additional advantages of the digital format.

Although there is an extensive literature describing experiences using these technologies in the scope of higher education, they in general lack a methodological approach that facilitates their successful integration. Thus, the main goal of this thesis is to develop a methodological approach that, starting from a particular instructional model, provides instructors with guidelines to incorporate pen-based technologies in a systematic way.

By making use of the ADDIE instructional design model as a reference, the procedures proposed are based on an initial modeling using concept maps of the various knowledge elements characterizing 1) the instructional approach for the course or training experience and 2) the technology to be incorporated—the PBTs, in our case. The matching process between domains is responsible for searching those relationships that makes possible to generate guidelines of how introducing the technologies. This proposal is complemented by the introduction of a catalogue of “digital ink” design patterns that working as mediating artifacts, synthesize what we consider good practices in using these technologies.

Our proposed methodology has been assessed by its main audience, both teachers and students. The results obtained in the numerous workshops for teachers, and classroom experiences in conventional groups, have shown that these proposals can be an effective way to integrate pen-based technologies in educational processes.

# Resum

Nombrosos estudis sobre l'aprenentatge evidencien que la tecnologia pot aportar importants canvis en l'aula, reduint alguns dels problemes associats al model tradicional centrat en el professor. Si és indubtable que les possibilitats d'un ordinador personal són múltiples, estes s'incrementen de forma significativa quan incorporem, com a element de la interfície d'usuari, un bolígraf especial que produïx tinta digital, donant nom a les crides "tecnològias de tinta digital" (pen-based technology). Entre els dispositius d'estes tecnologies destaca la tauleta PC, que és un ordinador portàtil convencional la pantalla del qual actua tant com dispositiu de presentació com d'entrada de dades. Estos dispositius permeten realitzar tot tipus de traços a mà alçada per a escriure, dibuixar, realitzar esquemes i diagrames, produir esbossos, expressar idees de forma visual, tot això de forma semblant a com es faria amb un bolígraf i un paper, però amb els avantatges afegides dels formats digitals.

Si bé la literatura arreplega moltes experiències d'ús d'estes tecnologies en l'àmbit de l'educació superior, en general manquen d'una aproximació metodològica que facilite la seua correcta integració. L'objectiu principal d'esta tesi consistix a desenvolupar una proposta metodològica que, partint d'un determinat model instructiu, permeta guiar els docents en la incorporació de les tecnologies de tinta digital, d'una manera sistemàtica.

Utilitzant el model de disseny instructiu ADDIE com a referència, els procediments proposats es basen en el modelatge previ per mitjà de mapes conceptuals dels distints elements de coneixement que caracteritzen, d'una banda, l'enfocament instructiu del curs o experiència formativa i, d'un altre, les tecnologies que es va a incorporar. El procés de correspondència entre dominis s'encarrega de buscar aquelles relacions que fan possible la generació de les recomanacions d'ús de les tecnologies. Esta proposta ha sigut complementada amb la introducció d'un catàleg de patrons de disseny de tinta digital que, actuant com a mecanismes mediadors, resumeixen el que des de la nostra experiència considerem bones pràctiques en l'ús d'estes tecnologies.

La nostra proposta metodològica ha sigut avaluada per mitjà de la participació dels seus principals destinataris, professors i alumnes. Els resultats obtinguts tant en els nombrosos tallers a professors, com en les experiències d'aula en grups convencionals, han provat que les dites proposades poden ser una forma efectiva d'integrar les tecnologies de tinta digital en els processos formatius.



# Índice General

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Contexto .....	1
1.2 Motivación .....	4
1.3 Objetivos.....	8
1.4 Metodología de Investigación .....	9
1.4.1 Estructura del trabajo de tesis .....	10
CAPÍTULO 2 TECNOLOGÍAS DE TINTA DIGITAL .....	11
2.1 Tinta digital. Conceptos.....	11
2.2 Dispositivos de tinta digital.....	13
2.2.1 Lápiz digital.....	13
2.2.2 Tableta gráfica .....	14
2.2.3 Pantallas interactivas.....	14
2.2.4 Pizarra digital interactiva .....	15
2.2.5 Tableta PC .....	16
2.2.6 Las “nuevas” tabletas.....	20
2.3 Sistemas operativos de las tabletas PC.....	23
2.4 Herramientas software .....	24
2.4.1 Toma de notas ( <i>note taking</i> ).....	24
2.4.2 Anotación de documentos.....	25
2.4.3 Mapa de ideas .....	27
2.4.4 Presentación y colaboración.....	28
2.4.5 Conferencia web .....	29
2.4.6 Pizarras virtuales.....	30
2.4.7 Software de <i>Sketching</i> .....	31
2.5 Conclusiones .....	33
CAPÍTULO 3 ESTADO DEL ARTE. APLICACIONES DE LAS TTD EN ENTORNOS EDUCATIVOS.....	35
3.1 Introducción .....	35
3.2 Uso efectivo de las TIC en la enseñanza.....	35
3.2.1 <i>Technology-enhanced student-centered learning</i> .....	36
3.2.2 <i>One-to-one computing</i> .....	37
3.2.3 <i>Mobile learning</i> .....	39
3.3 Aplicaciones de las TTD en entornos educativos .....	41
3.4 Casos de uso de las TTD en la educación superior .....	46
3.5 Revisión de propuestas orientadoras en el uso de las TTD .....	49
3.6 Posibilidades formativas de las tecnologías de tinta digital .....	50
3.7 Conclusiones .....	51
CAPÍTULO 4 PROPUESTA METODOLÓGICA .....	53
4.1 Introducción .....	53
4.1.1 Diseño instructivo .....	54
4.1.2 Modelo de Diseño Instructivo <i>ADDIE</i> .....	54

4.2	Propuesta inicial basada en el modelo ADDIE .....	56
4.2.1	Análisis .....	56
4.2.2	Diseño .....	60
4.2.3	Desarrollo, Implementación y Evaluación .....	64
4.2.4	Consideraciones finales.....	67
4.3	Propuesta basada en modelado .....	67
4.3.1	Formalización del Análisis.....	69
4.3.2	Recomendaciones de Diseño.....	76
4.3.3	Desarrollo, Implementación y Evaluación .....	78
4.4	Propuesta basada en patrones de diseño .....	81
4.4.1	Concepto de patrón .....	82
4.4.2	Definición de patrones de tinta digital.....	84
4.4.3	Aplicación de patrones de tinta digital .....	86
4.4.4	Conclusiones.....	96
<b>CAPÍTULO 5 EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA .....</b>		<b>97</b>
5.1	Introducción .....	97
5.2	Metodología de Evaluación .....	98
5.3	Evaluación de la propuesta inicial .....	100
5.3.1	Experiencia en la asignatura ATC.....	101
	Diseño experimental .....	101
	Análisis estadístico .....	103
5.3.2	Extensión de la propuesta inicial.....	105
	Diseño experimental .....	106
	Análisis estadístico .....	107
5.3.3	Resumen.....	107
5.4	Evaluación de la propuesta basada en modelado .....	109
5.4.1	Evaluación por los profesores .....	109
	Resumen de resultados .....	114
5.4.2	Experiencias docentes en aula.....	117
	Diseño experimental .....	117
	Análisis estadístico .....	119
	Resultados .....	122
	Asignatura Fundamentos de Computadores (FCO) .....	123
	Asignatura Tecnología de Computadores (TCO).....	127
	Encuestas de valoración a los alumnos .....	133
	Resumen de resultados .....	136
5.5	Conclusiones .....	137
<b>CAPÍTULO 6 CONTRIBUCIONES, CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....</b>		<b>139</b>
6.1	Contribuciones.....	139
6.2	Conclusiones .....	140
6.3	Publicaciones relacionadas con la tesis.....	141
6.4	Trabajos futuros.....	144
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>147</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>159</b>

# Índice de Figuras

Figura 2-1: Lápiz digital inalámbrico de <i>Logipen</i> .....	13
Figura 2-2: Tableta gráfica <i>Bamboo Pen &amp; Touch</i> , de <i>Wacom</i> . ....	14
Figura 2-3: Pantalla interactiva de gran formato de <i>Perceptive Pixel</i> , por <i>MS</i> .....	15
Figura 2-4: Pizarra digital interactiva <i>Smart Board 800i</i> , de <i>Smart Technologies</i> . ....	16
Figura 2-5: Tableta digitalizadora inalámbrica <i>Smart Slate</i> , de <i>Smart Technologies</i> . ....	16
Figura 2-6: Componentes de la pantalla de una tableta PC, de tecnología <i>Wacom</i> . ....	17
Figura 2-7: Ilustración original del <i>Dynabook</i> , precursor de la TPC. ....	18
Figura 2-8: Tipos de TPC en función de su factor de forma. ....	18
Figura 2-9: Ejemplo de uso de un “ <i>slate</i> ” en el ámbito sanitario. ....	18
Figura 2-10: Ejemplo de “ <i>rugged</i> ” TPC de <i>Xplore Technologies (Xplore iX104C4)</i> . ....	19
Figura 2-11: Ejemplo de tableta PC del tipo “folleto” ( <i>Entourage Edge dual-screen</i> ).....	20
Figura 2-12: Tableta <i>Eee Slate EP121</i> , de <i>Asus</i> . ....	21
Figura 2-13: Dos modelos de lápiz para tableta iPad. Izda: <i>Bamboo Stylus</i> ; Dcha: <i>Scribbly</i> .21	
Figura 2-14: Prototipo de <i>Tablet Surface</i> de <i>Microsoft</i> .....	22
Figura 2-15: Representación simbólica del proyecto educativo <i>Virtuoso Education Tablet</i> . 23	
Figura 2-16: Panel de entrada estándar para Tablet PC en <i>Windows 7</i> . ....	23
Figura 2-17: Captura de pantalla de <i>Noteshelf</i> describiendo sus posibilidades. ....	26
Figura 2-18: Captura de pantalla de <i>PDF Annotator</i> en la revisión de una tarea. ....	27
Figura 2-19: Posibilidades del “modo tinta” en la aplicación <i>MindManager</i> . ....	29
Figura 2-20: Pantalla principal de la aplicación de pizarra virtual <i>Scribblar</i> . ....	31
Figura 2-21: Ejemplo de uso de la aplicación <i>CircuitBoard</i> .....	32
Figura 2-22: Ejemplo de uso de la aplicación <i>MathPad2</i> . ....	33
Figura 3-1: Iniciativa <i>OLPC</i> . Izda: Dispositivo “ <i>The Green OLPC XO</i> ”; Dcha: Ejemplo de uso en el aula. ....	38
Figura 3-2: Estudiantes con los “auriculares” de ondas cerebrales ( <i>brainwave headphones</i> ). ....	41
Figura 3-3: Esquema general del sistema <i>AirTransNote</i> .....	42
Figura 3-4: Ejemplo de hojas de trabajo del sistema <i>Newton’s Pen</i> . ....	43
Figura 3-5: Capturas de la aplicación <i>MyTest</i> . Izda: Vistas del estudiante; Dcha: Vista del profesor ..... 45	
Figura 3-6: Pantalla principal de la tableta <i>Papyre pad 972</i> . ....	46
Figura 4-1: Esquema general del modelo <i>ADDIE</i> para el diseño instructivo. ....	54
Figura 4-2: Evolución de la nota de acceso en las titulaciones de Informática de la UPV. ....	58
Figura 4-3: Evolución del rendimiento académico en las ingenierías técnicas de la UPV. ....	59
Figura 4-4: Mueble para almacenar las TPC y el punto de acceso del aula. ....	65
Figura 4-5: Ejemplo de uso del programa <i>Classroom Presenter</i> en rol de instructor. ....	66

Figura 4-6: Mapa conceptual sobre “ <i>Concept Maps</i> ” .....	69
Figura 4-7: Mapa conceptual general del dominio instructivo.....	70
Figura 4-8: Mapa conceptual para un enfoque basado en clase magistral. ....	71
Figura 4-9: Mapa conceptual del dominio tecnológico: el caso de la tableta PC.....	73
Figura 4-10: Submapa conceptual de la <i>pen-based technology</i> . ....	74
Figura 4-11: Submapa conceptual de los servicios de las tabletas PC.....	74
Figura 4-12: Submapa conceptual de la Tinta Digital y sus posibilidades formativas.....	74
Figura 4-13: Submapa conceptual de las herramientas Sw con soporte para tinta digital. ....	75
Figura 4-14: Diagrama del modelo TAGGE.....	76
Figura 4-15: Selección de conceptos en el mapa conceptual instructivo. ....	77
Figura 4-16: Esquema de correspondencias entre conceptos en los mapas instructivo y tecnológico. ....	79
Figura 4-17: Transformación de contenidos para poder incorporar la tinta digital.....	81
Figura 4-18: Ejemplo de actividad diseñada para su realización mediante tinta digital. ....	81
Figura 4-19: Esbozo del patrón “Accesibilidad de un sitio Web”.....	83
Figura 4-20: Esbozo del patrón “a medio hacer” .....	88
Figura 4-21: Esbozo del patrón “ilustra tu obra”. ....	88
Figura 4-22: Esbozo del patrón “a mano alzada”.....	90
Figura 4-23: Esbozo del patrón “plantea tu pregunta” .....	91
Figura 4-24: Esbozo del patrón “atención a los errores”.....	92
Figura 4-25: Ejemplos de uso de los patrones “a medio hacer” (izda.) y “realidad aumentada” (dcha.).....	94
Figura 4-26: Ejemplos de uso de los patrones “a mano alzada” (izda.) y “rellenando huecos” (dcha.).....	94
Figura 4-27: Ejemplos de uso de los patrones “plantea tu pregunta” (izda.) y “la audiencia responde” (dcha.). ....	95
Figura 4-28: Ejemplos de uso del patrón “atención a los errores”.....	95
Figura 4-29: Editor vectorial que permite el uso de la tinta digital.....	96
Figura 5-1: Primeras experiencias de uso de las tabletas PC en un aula convencional.....	97
Figura 5-2: Detalle del aula utilizada por el grupo piloto en los cursos 2008-09 y 2009-10. ....	101
Figura 5-3: Vídeos cortos ( <i>polimedias</i> ) para reforzar las sesiones de aula y laboratorio.....	103
Figura 5-4: Tasas de asistencia en el grupo Tablet vs el resto (ATC, curso 2008-09).....	104
Figura 5-5: Rendimiento académico en el grupo Tablet vs el resto (ATC, curso 2008-09). 105	
Figura 5-6: Resumen de la encuesta de opinión al alumnado (ATC, curso 2008-09).....	105
Figura 5-7: Rendimiento académico en el grupo Tablet vs el resto (EDA, curso 2009-10). 107	
Figura 5-8: Resumen de la encuesta de opinión al alumnado (EDA, curso 2009-10). ....	108
Figura 5-9: Profesores de la UPV asistiendo a uno de los talleres de TTD. ....	111
Figura 5-10: Resultados del pre-cuestionario en la dimensión <i>Contenidos</i> . ....	112

Figura 5-11: Resultados del pre-cuestionario en la dimensión <i>Actividades</i> .....	112
Figura 5-12: Resultados del pre-cuestionario en la dimensión <i>Interacción</i> .....	113
Figura 5-13: Resultados del pre-cuestionario en la dimensión <i>Evaluación</i> .....	114
Figura 5-14: Resumen de resultados del post-cuestionario en los diferentes talleres.....	115
Figura 5-15: Comparativa de valores medios en los dos tipos de cuestionarios.....	116
Figura 5-16: Resumen cuestionarios de valoración de los talleres por los profesores.....	117
Figura 5-17: Nueva aula para grupos experimentales con tabletas PC de asignaturas de GII. .....	118
Figura 5-18: Definición del diagrama de caja y bigotes a partir de los estadísticos del conjunto de datos. ....	120
Figura 5-19: Diagramas de caja para los indicadores académicos (FCO, curso 2010-11)...	124
Figura 5-20: Diagramas de caja para los indicadores académicos (FCO, curso 2011-12)...	125
Figura 5-21: Diagramas de caja para los indicadores académicos (FCO, curso 2012-13)...	125
Figura 5-22: Diagramas de caja para los indicadores académicos (TCO, curso 2010-11). .	129
Figura 5-23: Diagramas de caja para los indicadores académicos (TCO, curso 2011-12). .	129
Figura 5-24: Diagramas de caja para los indicadores académicos (TCO, curso 2012-13). .	130
Figura 5-25: Gráfico de correlación entre nota de actividad y nota de parciales (TCO, curso 2010-11). ....	132
Figura 5-26: Gráfico de correlación entre nota de actividad y nota de parciales (TCO, curso 2011-12). ....	133
Figura 5-27: Gráfico de correlación entre nota de actividad y nota de parciales (TCO, curso 2012-13). ....	133
Figura 5-28: Cuestiones sobre la usabilidad de las herramientas.....	135
Figura 5-29: Cuestiones sobre la eficacia, satisfacción y productividad de las herramientas .....	135
Figura 5-30: Cuestiones sobre el aprendizaje .....	136
Figura 5-31: Cuestiones sobre expectativas y satisfacción general .....	136



# Índice de Tablas

Tabla 3-1: Tabla de cambios en las dimensiones del aprendizaje, según A. y J. Herrington	40
Tabla 4-1: Principales problemas detectados en la fase de Análisis	59
Tabla 4-2: Soluciones generales apuntadas en la fase de Análisis	60
Tabla 4-3: Resumen de las estrategias planteadas en la fase de <i>Diseño</i>	64
Tabla 4-4: Recomendaciones de uso de las Tablet PC en el proceso formativo	80
Tabla 4-5: Recomendaciones de herramientas software	80
Tabla 4-6: Esquema de patrón general	83
Tabla 4-7: Catálogo de patrones de tinta digital	85
Tabla 4-8: Captura de requisitos sobre tinta digital	86
Tabla 4-9: Esquema del patrón “a medio hacer” ( <i>half-baked</i> )	87
Tabla 4-10: Esquema del patrón “a mano alzada”	89
Tabla 4-11: Esquema del patrón “plantea tu pregunta”	90
Tabla 4-12: Esquema del patrón “atención a los errores”	91
Tabla 5-1: Calendario de actuaciones en el trabajo de investigación	99
Tabla 5-2: Resumen de datos de la experiencia en el grupo piloto de ATC	102
Tabla 5-3: Resumen de datos experiencia en EDA	106
Tabla 5-4: Resumen de las respuestas abiertas de los estudiantes en las experiencias de ATC y EDA	108
Tabla 5-5: Talleres sobre las posibilidades educativas de las TTD	111
Tabla 5-6: Cuestiones seleccionadas de los cuestionarios para el análisis	115
Tabla 5-7: Resumen de las experiencias en aula desde 2010-11 a 2012-13	118
Tabla 5-8: Resumen de datos de rendimiento en FCO desde 2010-11 a 2012-13	123
Tabla 5-9: Estadísticos de grupo en FCO desde 2010-11 a 2012-13	126
Tabla 5-10: Prueba de muestras independientes en FCO desde 2010-11 a 2012-13	127
Tabla 5-11: Resumen de datos de rendimiento en TCO desde 2010-11 a 2012-13	128
Tabla 5-12: Estadísticos de grupo en TCO desde 2010-11 a 2012-13	131
Tabla 5-13: Prueba de muestras independientes en TCO desde 2010-11 a 2012-13	131
Tabla 5-14: Cuestionario de valoración de las experiencias de aula	134



# Glosario de Acrónimos

**ACOT:** *Apple Classrooms of Tomorrow*

**ADDIE:** *Analyze, Design, Develop, Implement, and Evaluate*

**ATC:** *Ampliación de Tecnología de Computadores*

**CAD:** *Computer-Aided Design*

**CP:** *Classroom Presenter*

**CRS:** *Classroom Response Systems*

**DI:** *Diseño Instructivo*

**ECTS:** *European Credit Transfer System (Sistema de Transferencia de Créditos Europeo)*

**EDA:** *Estructura de Datos y Algoritmos*

**EEG:** *Electroencephalography (Electroencefalografía)*

**EICE:** *Equipo de Innovación y Calidad Educativa*

**EEES:** *Espacio Europeo de Educación Superior*

**ELI:** *EDUCAUSE Learning Initiative*

**EPSA:** *Escuela Politécnica Superior de Alcoy*

**EVS:** *Electronic Voting Systems (equivalente a CRS)*

**ETSID:** *Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño*

**ETSINF:** *Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica*

**FCO:** *Fundamentos de Computadores*

**FFI:** *Fundamentos Físicos de la Informática*

**FINTDI:** *Fomento e Innovación con Nuevas Tecnologías en la Docencia de la Ingeniería*

**FP7:** *The Seventh Framework Programme of the European Union (el Séptimo Programa Marco de la Unión Europea)*

**GII:** *Grado en Ingeniería Informática*

**GPS:** *Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)*

**HOTS:** *Higher-Order Thinking Skills*

**HP:** *Hewlett Packard*

**ICE:** *Instituto de Ciencias de la Educación*

**ICT:** *Information and Communication Technologies*

**II:** *Ingeniería Informática*

**ITIG:** *Ingeniería Técnica de Informática de Gestión*

**ITIS:** *Ingeniería Técnica de Informática de Sistemas*

**IWB:** *Interactive WhiteBoard*

**KDE:** *K Desktop Environment*

**LD:** *Learning Design*

**MAC:** *Media Access Control*

**MIT:** *Massachusetts Institute of Technology*

**MOODLE:** *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*

**MPG:** *Multi-touch, Physics and Gestures*

**MS:** *Microsoft*

**NMC:** *New Media Consortium*

**OCR:** *Optical Character Recognition (Reconocimiento Óptico de Caracteres)*

**OLPC:** *One Laptop per Child (Un portátil por niño)*

**PC:** *Personal Computer (Computador Personal)*

**PDA:** *Personal Digital Assistant (Asistente Digital Personal)*

**POD:** *Plan de Organización Docente*

**PSP:** *PlayStation Portable*

**QR Code:** *Quick Response Code (código de respuesta rápida)*

**SSD:** *Solid State Disk*

**TAGGE:** *Teaching Assistance Guideline Generator Engine*

**TEL:** *Technology-Enhanced Learning (Aprendizaje Aumentado por la Tecnología)*

**TD:** *Tinta Digital*

**TIC:** *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones*

**TPC:** *Tableta PC*

**TTD:** *Tecnologías de Tinta Digital*

**UML:** *Unified Modeling Language (Lenguaje Unificado de Modelado)*

**UOIT:** *University of Ontario Institute of Technology*

**UPC:** *Universidad Politécnica de Catalunya*

**UPM:** *Universidad Politécnica de Madrid*

**UPV:** *Universidad Politécnica de Valencia*

**USB:** *Universal Serial Bus (Bus Serie Universal)*

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Contexto

Este trabajo se enmarca dentro del ámbito de *Technology-Enhanced Learning* (TEL), que podríamos traducir como Aprendizaje “Aumentado” por la Tecnología, un campo de investigación de naturaleza muy dinámica y que es objeto de gran interés en la actualidad [1] [2], como demuestra la gran cantidad de eventos, publicaciones y proyectos [3] dedicados a este tema. Esta situación supone que resulte difícil realizar una definición del término, de una forma amplia y universal. En términos generales, podríamos decir que TEL describe la utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) para desarrollar, y en lo posible mejorar, todos aquellos procesos que promueven el aprendizaje. Por tanto, el foco se centra en utilizar las tecnologías para alcanzar más y mejores resultados, aumentar la motivación y hacer más fácil el logro de nuevos conocimientos, habilidades y competencias.

Esta línea de investigación ha sido una de las establecidas como prioritarias en las últimas convocatorias de la Comisión Europea, dentro de los Programas de Trabajo en TIC (*ICT Work Programmes*). Desde esta perspectiva, se afirma textualmente que “la investigación europea en TEL busca cómo utilizar las TIC para apoyar el aprendizaje y la enseñanza, y el desarrollo de las competencias durante toda la vida” [4].

Ya en el sexto Programa Marco (2002-2006), fueron cofinanciados 32 proyectos de investigación en el ámbito de TEL, con un presupuesto total de 125 millones de euros. Estos proyectos arrancaron entre enero de 2004 y marzo de 2006, y algunos estuvieron en fase de ejecución hasta el año 2010.

De nuevo este campo de investigación aparece explícitamente en el segundo Programa de Trabajo del área de las TIC (*ICT Work Programme*) dentro del séptimo Programa Marco (FP7), donde se definían las prioridades de investigación para el ejercicio 2009-2010. En concreto, el término *TEL* aparece textualmente como Objetivo 2 del Reto 4, dedicado a Gestión de Contenidos Digitales (*Objective ICT-2009.4.2*) [5]. En ese mismo documento, se

especifican los resultados que se esperan alcanzar en este ámbito, siendo el primero el “Aprendizaje en el siglo 21” (*Learning in the 21st Century*). El programa propone “desarrollar experiencias piloto a gran escala para diseñar la clase del futuro, donde explorando tanto la tecnología como las prácticas instructivas, se fomente el aprendizaje individualizado, el trabajo colaborativo, la creatividad y la expresividad, y así se puedan diseñar actividades de aprendizaje más dinámicas, reflexivas e independientes”.

En el tercer Programa de Trabajo del área de las TIC (2011-12) dentro del FP7, la investigación en TEL es el Objetivo 1 del Reto 8 (*Objective ICT-2011.8.1*) [6], dedicado a TIC para el Aprendizaje y el Acceso a Recursos Culturales. En las tres convocatorias de propuestas existentes dentro del FP7 hasta el año 2010 se financiaron 26 proyectos de investigación con un presupuesto total de unos 150 millones de euros. El montante previsto durante 2011-12 para el objetivo TEL fue de 60 millones.

Una de las propuestas financiadas dentro del FP7 es el proyecto denominado STELLAR [7] (*Sustaining Technology Enhanced Learning Large-scale multidisciplinary Research*) que, dentro de su marco teórico, plantea preguntas del estilo: ¿Qué se entiende por TEL? ¿El término TEL implica que la tecnología siempre aumenta el aprendizaje? Cuando se usa la tecnología, ¿las oportunidades de aprendizaje son, de alguna forma, mejores que cuando no se usan? ¿En qué casos deberíamos hablar de aprendizaje posibilitado por la tecnología? Finalmente, se sugiere que “realmente se habla de Aprendizaje Mediado por la Tecnología, y que es importante ser crítico acerca de en qué medida la mediación de la tecnología hace realmente aumentar las oportunidades de aprendizaje”.

En esta misma línea, en Estados Unidos, el proyecto *Global Resources for Online Education* [8], financiado por la *National Science Foundation* y el *Computing Community Consortium*, tiene como objetivo proyectar algunos de los grandes retos y oportunidades de la formación en el siglo XXI y, en particular, cómo la tecnología puede jugar un papel vital para alcanzarlos. En el informe final del proyecto, publicado en 2010, se identifican siete retos educativos de los que pasamos a describir los cinco primeros, por su especial relevancia en el contexto de la presente tesis doctoral:

- **Formación personalizada:** para armonizar con los rasgos y estados de cada estudiante (personalidad, estilos de aprendizaje, estado anímico, nivel de implicación, etc.). La investigación debiera ayudar a identificar qué pedagogías son las mejores para cada individuo en una situación concreta.
- **Evaluación:** debe ser entretenida, inmediata, accesible, ubicua. En lugar del modelo actual del enseñar, parar y evaluar, debiera realimentar constantemente sus resultados en el aprendizaje. La investigación debiera ayudar a identificar las competencias del estudiante y a razonar acerca de cómo la evaluación fluye hacia y desde el aprendizaje.

- **Aprendizaje Social:** supone la comunicación constante entre estudiantes que pueden elegir colaborar dentro de un equipo o trabajar de forma autónoma. La investigación debiera centrarse en cómo las comunidades de aprendizaje comparten, mantienen y construyen el conocimiento.
- **Más allá del aula:** la formación debe ser integral, ubicua y omnipresente, independientemente del lugar de estudio, nivel académico, tipo de aprendizaje o habilidad personal. La investigación debiera centrarse en apoyar a los estudiantes en aplicar, mejorar y transferir su conocimiento y habilidades, así como a aprender continuamente.
- **Métodos alternativos de enseñanza:** la formación debe preparar a los estudiantes para un futuro cambiante, donde, además de aprender sobre las distintas disciplinas, deben de adquirir habilidades transversales, como: creatividad, pensamiento crítico, comunicación, y autodisciplina. La investigación debiera identificar métodos de enseñanza que refuercen las habilidades de los estudiantes para trabajar en dominios interdisciplinarios y de forma colaborativa.

En ese mismo informe los autores sugieren oportunidades de investigación y desarrollo en tecnologías prometedoras que debieran ayudar a conseguir los retos expuestos: modelos de usuario, herramientas móviles, herramientas de intercomunicación, juegos serios, entornos inteligentes, minería de datos e interfaces aumentadas.

En otros informes recientes publicados en España se aboga igualmente por la importancia de las TIC en el modelo educativo de los años venideros. Por una parte, en el informe elaborado en 2011 por la Fundación de la innovación Bankinter [9], en el marco del proyecto *Future Trends Forum*, se propone un decálogo para contribuir a una reforma profunda en el terreno educativo. De nuevo, uno de los diez principios planteados lo denominan Educación 2.0 y lo relacionan con el empleo de las TIC para mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje, apoyando tanto a alumnos como a profesores en la introducción de métodos innovadores que conformen una educación más atractiva y eficaz. Por otra parte, la Fundación Telefónica publicó en ese mismo año un informe [10] donde, en relación al modelo de aprendizaje y enseñanza, afirma que se aprecia una tendencia hacia un modelo participativo y colaborativo en el que el aprendizaje se produce cuando el alumno desarrolla sus actividades y adquiere el conocimiento a través de la interacción con el entorno. Igualmente preconiza que el panorama de la enseñanza va a cambiar en los próximos años y prevé, por ejemplo, que en el año 2015 el 80% de los profesores universitarios aplicarán nuevos modelos didácticos con apoyos TIC en sus clases, de ahí la importancia de fomentar las correspondientes competencias entre los docentes [11]. No menos interesante es la descripción que en el informe se hace de las nuevas generaciones de estudiantes en relación al uso de las TIC,

donde se destaca el acceso en movilidad a todo tipo de contenidos y servicios, a través de nuevos dispositivos de comunicación (ordenadores portátiles, tabletas PC y *smartphones*).

El prestigioso informe *Horizon*, dirigido conjuntamente por el *New Media Consortium (NMC)* y *EDUCAUSE Learning Initiative (ELI)*, cuyo objetivo es analizar las tecnologías emergentes que tendrán una mayor repercusión en la docencia, el aprendizaje y la investigación creativa en la enseñanza universitaria, en su edición del 2012 para la enseñanza universitaria [12], afirma que: “Las tecnologías de horizonte a corto plazo — es decir, en los próximos doce meses— son las aplicaciones para móvil y las tabletas. Estas dos tecnologías se han vuelto omnipresentes en la vida diaria y, por lo menos en el mundo desarrollado, los estudiantes universitarios tienen cada vez mayores posibilidades de aprender con la ayuda de estos dispositivos cuando quieran y desde donde quieran”. Y más adelante añade: “El uso de tabletas ofrece una nueva oportunidad para mejorar experiencias de aprendizaje que simplemente no son posibles con otros dispositivos”.

En definitiva, el aprendizaje mediado por la tecnología se presenta como un ámbito de tremenda actualidad, que permite facilitar y mejorar los procesos de formación, centrándose en las necesidades individuales de los estudiantes.

En este contexto y teniendo en cuenta los informes anteriormente descritos, el trabajo aquí presentado aborda una parcela concreta del TEL como son las tecnologías de tinta digital, introduciendo un conjunto de propuestas que orienten al profesor en su utilización y que tengan como objetivo facilitar el aprendizaje de los alumnos.

## **1.2 Motivación**

En junio de 1999 los ministros europeos de educación firman la *Declaración de Bolonia* [13], que ciertamente significa un punto de inflexión en el devenir universitario. Desde ese momento, la construcción del *Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)* supone un quizás lento pero incesante avance en la manera de entender la didáctica universitaria. Entre los cambios más trascendentes que acompañan este proceso se puede destacar:

- Se modifica el concepto de *crédito*, que ya no se refiere a las horas de docencia del profesor sino que computa las horas de trabajo del estudiante. Nos estamos refiriendo a los créditos ECTS (*European Credit Transfer System*).
- Empieza a hacerse patente la necesidad de actuar sobre los *resultados del aprendizaje (learning outcomes)* de los estudiantes y eso, entre otras muchas implicaciones, obliga a modificar el diseño de los currículos en términos de competencias profesionales y, consecuentemente, debiera implicar cambios en el ámbito de la evaluación [14].

- Se va incorporando a nuestra cultura universitaria el término *aseguramiento de la calidad* (*quality assurance*). En el contexto europeo el principal objetivo es definir criterios y metodologías comparables entre las distintas instituciones para, por una parte, facilitar la movilidad y, por otra, promocionar el EEES a nivel mundial [15].

En estos últimos diez años, las estrategias didácticas más comúnmente utilizadas en nuestras universidades también han experimentado cambios significativos. Desde escribirlo todo en las clásicas pizarras se pasó al uso masivo de las transparencias y, más recientemente, al uso de aplicaciones de presentación y los correspondientes cañones de proyección. En realidad, aunque es cierto que los recursos utilizados han cambiado y también, por qué no decirlo, sus posibilidades, el enfoque didáctico global no difiere demasiado desde el primer ejemplo hasta el más actual. En muchos casos, el profesor sigue teniendo el papel predominante en el proceso de enseñanza-aprendizaje y, además, 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. Con este tipo de enfoque, resulta difícil mantener la concentración de los estudiantes durante las típicas sesiones de, al menos, una hora de duración. Stuart y Rutherford [16] 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 clase”.

Más allá de la terminología empleada y de los aspectos puramente formales, se empieza a vislumbrar un cambio fundamental en el planteamiento general del proceso enseñanza-aprendizaje, de modo que el foco se desplaza desde el profesor hacia el alumno y eso, sin duda, ha de influir en las estrategias didácticas a emplear. Citando textualmente a King [17], el papel del profesor requiere un cambio “*From sage on the stage to guide on the side*”, que podíamos interpretar como que los profesores han de dejar de ser una especie de sabios distantes para convertirse en guías más cercanos. El aprendizaje significativo requiere de metodologías activas donde el alumno haga algo más que escuchar. Traduciendo palabras de Bonwell and Eison [18], “ellos deben leer, escribir, discutir o participar en la resolución de problemas. Más importante todavía, para involucrarse activamente, deben participar en tareas de alto nivel como las de análisis, síntesis, y evaluación”.

Durante los últimos años, el interés en nuestro país por las disciplinas tecnológicas y, en particular, por las ingenierías informáticas ha sufrido un claro declive. Esta afirmación se sustancia en la caída patente de la demanda de nuevas matriculaciones y, al mismo tiempo, en la bajada de la nota de acceso exigida a los alumnos de nuevo ingreso, en todos los cupos [19].

Paralelamente a ese hecho, en un estudio reciente realizado en ocho universidades españolas, entre las que se encuentran las Politécnicas de Madrid (UPM), Cataluña (UPC) y Valencia (UPV), se ha podido constatar el incremento, con el paso de los años, de la duración media de los estudios de todas las titulaciones de ingeniería en Informática. Más et al. señalan en [20] que la duración media de las titulaciones técnicas para los egresados en el curso 2005/06 fue de 5,5 años en Ingeniería Técnica de Informática de Gestión (ITIG) y 5,9 en Ingeniería Técnica de Informática de Sistemas (ITIS), lo que supone casi un 85% más de los tres años supuestos. En lo que respecta al título de ciclo largo, Ingeniería Informática (II), la duración media fue de 7,2 años, casi un 45% mayor a los cinco años teóricos.

Si bien no se conocen con exactitud las causas de estos malos resultados, sí tenemos evidencia, al menos en el ámbito de estos estudios en la UPV [21], de algunos hechos que, en buena medida, puedan explicar esos resultados, como por ejemplo: los bajos ratios de asistencia a clase, los elevados ratios de abandono durante el curso, la falta de motivación por las disciplinas, o la baja participación en las aulas y en el cumplimiento de las tareas propuestas, entre otros.

En un estudio preliminar y exploratorio realizado en el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Oviedo con el fin de conocer los motivos más importantes que alegan los estudiantes para no asistir a clase, se elaboró un cuestionario que fue respondido por una muestra de 1422 estudiantes que cursaban distintas carreras científico-técnicas en dicha universidad. Los resultados apuntan a que los factores más importantes relacionados con el absentismo son: la organización académica, la metodología docente o la actitud del profesorado [22].

En un estudio sobre dedicación del alumnado en las titulaciones de ITIG e ITIS [23], Posadas et al. concluyen que “con las actuales metodologías, el total de horas dedicadas a lo largo de un curso no llega ni siquiera al límite inferior de la horquilla que se contempla en los ECTS, entre 1500 y 1800 horas. Además, éstas se concentran básicamente en los periodos de exámenes. Las únicas asignaturas en las que la dedicación se ajusta en cierta medida al ECTS, suelen ser aquéllas en las que se aplica algún tipo de innovación metodológica”. En la misma línea, Tovar et al. [24] apunta como hipótesis de un cierto incremento en el rendimiento académico de los alumnos de primer curso en la Ingeniería Informática de la UPM, al empleo de metodologías activas de aprendizaje.

En paralelo con todo lo expuesto en los párrafos anteriores, no podemos ser ajenos a la evolución tecnológica que hemos experimentados en estos últimos años. Tanto en el ámbito académico como en el doméstico, el uso de dispositivos electrónicos diversos (computadores personales, teléfonos móviles, tabletas) no ha dejado de crecer. Del mismo modo, otra evidencia que ratifica la afirmación anterior es que, hoy en día, es difícil encontrar una

universidad española que no disponga de algún tipo de entorno de aprendizaje virtual [25]. Aunque el profesorado universitario presenta, en general, una cierta resistencia inicial a los cambios, las posibilidades de estas plataformas han ido calando en la cultura universitaria. Resulta igualmente incuestionable la mejora de la cultura informática, aunque sea a nivel de usuario, de nuestros estudiantes y, en particular, de aquéllos que escogen seguir estudios técnicos, fruto de un cambio cultural generalizado.

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 [26]. Si resulta incuestionable que las posibilidades formativas de un computador personal son múltiples, éstas se incrementan de forma significativa cuando incorporamos, como elemento de su interfaz de usuario, un dispositivo especial a modo de lápiz, que permite capturar trazos manuscritos en su forma natural, a modo de tinta digital, lo que da nombre a las llamadas **Tecnologías de Tinta Digital** (TTD). De entre los distintos dispositivos pertenecientes a esta familia, destaca la tableta PC (*Tablet PC*), que podríamos definir como un computador portátil que permite a los usuarios introducir información sobre una pantalla digitalizadora, gracias a un lápiz especial. En este trabajo adoptaremos el término en español “Tableta” en lugar del término anglosajón “*Tablet*”, pues ése ha sido el vocablo acordado por la Real Academia Española en su pleno del 30 de junio de 2011 [27]. Estas nuevas tecnologías facilitan la participación activa de los estudiantes en el aula y, al mismo tiempo, proporcionan al profesor información instantánea de los logros de aprendizaje de sus alumnos. Todo ello posibilita una realimentación inmediata y la adaptación del proceso de enseñanza-aprendizaje a las nuevas directrices del proceso de convergencia europea.

En la literatura se describen numerosas experiencias del uso e impacto de las TTD en los distintos niveles educativos, desde la enseñanza primaria hasta la educación superior, tal y como se verá en el capítulo 3. Distintos estudios [28] [29] [30] concluyen que el uso de estas tecnologías tiene un efecto positivo, aunque limitado, en el aprendizaje del alumno. Wang y Woo [31] profundizan algo más en el tema al afirmar que “el factor principal que influye en la eficacia del aprendizaje no es la disponibilidad de la tecnología, sino el diseño pedagógico para su uso efectivo.” Sin embargo, el estudio de la literatura hace patente la ausencia de propuestas metodológicas que proporcionen a los docentes una orientación en el diseño de los procesos instructivos que incorporen el uso de estas nuevas tecnologías. Partiendo de la propuesta de Chickering y Gamson sobre los principios de buenas prácticas en educación superior [32] y siguiendo el proceso utilizado en el diseño de sistemas instructivos [33], en este trabajo de investigación se formula y desarrolla una propuesta metodológica que pretende facilitar la incorporación de las TTD en los procesos formativos del ámbito de la educación superior.

Esta tesis tiene su punto de partida en el proyecto de investigación que, con el título “*Improving effective learning in a first-year Computer Engineering course by using mobile Tablet PC technology*”, fue presentado en el año 2008 [34] al programa *Hewlett Packard (HP) Technology for Teaching Grant Initiative*, dentro del área EMEA (*Europe, the Middle East, and Africa*) y del que era responsable el autor de este trabajo. La propuesta fue una de las 8 aceptadas en toda esa área y contó, para su adecuado desarrollo, con una financiación aproximada de 100.000 dólares, sufragada por la multinacional *Hewlett Packard*. Esta ayuda incluía, entre otro equipamiento, un conjunto de tabletas PC que ha permitido equipar un aula con la que evaluar la propuesta metodológica que se propone en esta tesis.

Todo lo expuesto anteriormente debiera ser de gran ayuda para movernos en la dirección propuesta. Sin embargo, es claro que un cambio de modelo de tal calado exige un proceso de diseño riguroso, y un análisis sistemático y continuo de todo el proceso.

### **1.3 Objetivos**

La finalidad principal del trabajo que se propone es elaborar una propuesta metodológica para guiar aquellos procesos formativos que incorporan TTD. Se hará especial énfasis en cómo estas tecnologías redundan en beneficio de los procesos formativos en el ámbito de la educación superior, tanto desde el punto de vista del profesor como de los alumnos.

Este objetivo global se particulariza en los siguientes objetivos concretos (los cuales se encuentran listados a continuación siguiendo el orden de consecución temporal de los mismos en el presente trabajo de tesis):

- **OBJETIVO 1:** Definición de las TTD. Clasificación del conjunto de dispositivos y herramientas software existentes en este campo.
- **OBJETIVO 2:** Revisión de las experiencias de uso de las TTD, haciendo especial énfasis en el ámbito de la educación superior y en titulaciones de contenido tecnológico.
- **OBJETIVO 3:** Definición de las potencialidades de las TTD para su aprovechamiento en procesos formativos. Estos procesos pueden abarcar desde cursos completos hasta sesiones específicas.
- **OBJETIVO 4:** Modelización de los procesos instructivos y de las TTD.
- **OBJETIVO 5:** Proposición de unas guías para que los docentes puedan, en función de su modelo instructivo, integrar de una forma sistemática y efectiva, las TTD en los procesos de formación.

- **OBJETIVO 6:** Aplicación de la propuesta metodológica a casos de estudio representativos en el ámbito de la educación superior.
- **OBJETIVO 7:** Evaluación del impacto de la propuesta a partir de los casos de estudio desarrollados para detectar posibles carencias en la propuesta y proponer las mejoras correspondientes.

La propuesta que aquí se describe será implementada y evaluada en el contexto de titulaciones de ingeniería de la UPV y, en particular, de las ingenierías informáticas, tanto en los planes antiguos como en el nuevo grado. Para ello, se establecerá un análisis comparativo entre los grupos experimentales, que seguirán la propuesta desarrollada, y los grupos control, que continuarán con la aproximación habitual.

## **1.4 Metodología de Investigación**

Para la consecución de los objetivos planteados en este trabajo se seguirán las líneas metodológicas establecidas por Adrion [35]. Esta metodología establece que el proceso de investigación en el ámbito de la ingeniería sigue las siguientes cuatro etapas:

1. Observar las soluciones existentes. Esta primera etapa tiene como objetivo detectar posibles deficiencias en las propuestas existentes para, a continuación, abordar nuevas propuestas que se presentarán en el presente trabajo de tesis.
2. Proponer una mejor solución. En la segunda etapa se debe hacer una propuesta de solución que supere las limitaciones detectadas en la etapa anterior. Para ello es necesario proponer y estudiar posibles aproximaciones que permitan resolver dichas limitaciones.
3. Desarrollar nuevas propuestas. En esta etapa se deben desarrollar las soluciones propuestas en la etapa anterior. A partir del estudio llevado a cabo se planteará la arquitectura de un nuevo sistema que pueda superar las limitaciones de las soluciones existentes. También se desarrollará un prototipo del sistema de acuerdo con la arquitectura planteada.
4. Validar las nuevas propuestas. En esta última etapa es necesario mostrar que la solución desarrollada supera los problemas que fueron detectados en la primera etapa de esta metodología.

Estas cuatro etapas se aplican de forma iterativa e incremental con el objetivo de poder refinar progresivamente la solución final.

### **1.4.1 Estructura del trabajo de tesis**

El capítulo 2 abordará la definición de las TTD incluyendo una recopilación y clasificación de los dispositivos y herramientas software, que se pueden encontrar en este campo. A continuación, en el capítulo 3, se realizará una búsqueda, selección y análisis de experiencias de uso de las TTD en los distintos niveles educativos, haciendo especial énfasis en las desarrolladas en el ámbito de la educación superior y, más concretamente, en aquellas aplicadas a titulaciones de contenido tecnológico. Estas tareas iniciales permitirán identificar las posibilidades de dichas tecnologías en el ámbito educativo universitario, subrayando las ventajas para profesores y alumnos, lo que nos será de gran ayuda para realizar las propuestas metodológicas, que se abordan en el siguiente capítulo.

El capítulo 4 introduce en primer lugar el concepto de diseño instructivo para, a continuación, describir uno de los enfoques más ampliamente utilizados, el modelo ADDIE. Utilizando este modelo como referencia y siguiendo cada una de sus fases, se pasan a explicar las distintas propuestas metodológicas desarrolladas en este trabajo, desde la propuesta inicial, aplicada a un contexto muy concreto, a la generalización de la misma, basada en el modelado de los dominios instructivo y tecnológico, mediante mapas conceptuales. El capítulo concluye con la exposición de una tercera propuesta basada en patrones de diseño de tinta digital. Según el modelo citado anteriormente, las tres propuestas arrancan de una fase de análisis donde se determinarán los problemas a abordar, se identificarán las restricciones del entorno y se formularán los objetivos instructivos. Seguidamente se afronta la fase de diseño en la que se identificarán y propondrán estrategias instructivas acordes tanto con los objetivos formulados en la fase anterior, como con las potencialidades de las tecnologías de tinta digital. Con los resultados de la etapa anterior se afrontan las fases de desarrollo e implantación, donde se realiza la creación de los recursos didácticos correspondientes y su posterior traslado a un entorno o plataforma concretos.

La última fase del modelo ADDIE, la evaluación, se aborda en el capítulo 5 donde, apoyados en una serie de casos de estudio, profesores y alumnos se constituyen en parte activa de la valoración de las distintas propuestas metodológicas, al tiempo que ayudan a generar las conclusiones de este trabajo.

Finalmente, el capítulo 6 resume dichas conclusiones y presenta las principales contribuciones de esta tesis.

# Capítulo 2

## Tecnologías de Tinta Digital

Este capítulo comienza explicando qué se entiende por tinta digital, para a continuación presentar los distintos dispositivos que la utilizan, haciendo una mención especial a la tableta PC y sus diferentes variantes. Una vez descritos los elementos hardware, se estudia la necesidad que tienen los sistemas operativos de dar soporte a este tipo de dispositivos. El capítulo se completa con la descripción de distintos tipos de aplicaciones que explotan las posibilidades de la tinta digital. En particular, se tratan con mayor nivel de detalle aquéllas que han sido más utilizadas a lo largo de este trabajo de investigación.

### 2.1 *Tinta digital. Conceptos*

En términos generales, se entiende por **tinta digital** (*digital ink*) la información introducida directamente en un computador (o sistema electrónico) mediante algún dispositivo de tipo lápiz (*pen*). De manera similar, se denomina entintado digital (*digital inking*) al proceso de introducir los datos de esta forma [36]. A las tecnologías que incorporan este tipo de procesos las designaremos como **Tecnologías de Tinta Digital** (TTD). En nomenclatura anglosajona, es habitual referirse a estas tecnologías con distintos términos: *Digital Ink Technology*, *Pen-based Technology* o *Pen Computing Technology* [37].

El aspecto esencial de estas tecnologías, en comparación con otro tipo de entrada de datos (teclado/ratón), es que permiten generar información de forma bastante natural, imitando la típica tarea de crear contenidos con bolígrafo y papel, pero de modo que pueda almacenarse en formato electrónico, con todas las ventajas que ello supone.

Para poder introducir datos directamente sobre una pantalla, ésta debe disponer de un elemento **digitalizador** que determine la posición del dispositivo de escritura sobre la misma. El digitalizador puede ser pasivo o activo.

En los digitalizadores pasivos basta aplicar cualquier tipo de presión en un punto de la pantalla táctil (*touchscreen*) con un dedo o con cualquier otro dispositivo señalador, como un estilete (*stylus*), de forma similar a como haríamos en un *click* de ratón en esa misma posición. Dentro

de este grupo encontramos las pantallas resistivas que permiten un alto nivel de precisión, aunque requieren de procesos de calibración para su correcto funcionamiento. Sin embargo, en este tipo de pantallas, existen dificultades prácticas para poder detectar presión en dos o más puntos, de forma simultánea. Con el fin de superar esta limitación son cada vez más frecuentes las pantallas capacitivas, que requieren de un elemento conductor como el dedo para interactuar con las mismas. Además de incorporar la capacidad multitáctil (*multitouch*), proporcionan una mejor calidad de imagen y son generalmente más sensibles, aunque su coste es también mayor.

En el caso de los activos, el digitalizador emite una señal electromagnética desde la pantalla que es reflejada por el lápiz. La señal reflejada se usa entonces para determinar la posición exacta del lápiz. Otras ventajas de los lápices empleados en los digitalizadores activos es que también son capaces de transmitir información sobre la presión empleada, lo que se puede traducir en trazos más o menos grueso. Además, suelen incorporar una entrada en el extremo opuesto a la punta que actúa como borrador, así como una entrada en el lateral del lápiz que hace las funciones de botón derecho de un ratón.

En el contexto de las TTD los digitalizadores activos son preferibles a los pasivos, pues poseen una mayor precisión y sensibilidad a la presión, permitiendo realizar los trazos de una forma más natural y flexible.

También existen digitalizadores híbridos que combinan las características de las pantallas táctiles pasivas con las mayores prestaciones de los digitalizadores activos. En este tipo de digitalizadores, en ocasiones el dispositivo tiene la capacidad de detectar si el lápiz especial está cerca de la pantalla y, entonces, deshabilita el digitalizador pasivo, evitando así que cuando apoyemos la mano sobre la pantalla, se puedan ocasionar falsas entradas. Cuando el lápiz no es detectado, se deshabilita el digitalizador activo y se atienden las entradas táctiles.

Aunque no hay consenso generalizado en el uso de esta terminología, en este trabajo distinguiremos el concepto tinta digital del denominado, en ocasiones, **tinta electrónica** (*e-ink*) o papel electrónico (*electronic paper*). El término tinta electrónica se refiere a una tecnología de pantalla diseñada para imitar la apariencia de los textos impresos en papel, como la que es habitual en los lectores de libros electrónicos (*e-book readers*). A diferencia de una pantalla LCD convencional, que utiliza una luz de fondo para iluminar sus píxeles, los dispositivos de tinta electrónica reflejan la luz como lo hace el papel ordinario, siendo habitualmente muy delgadas y flexibles. Además, la tecnología de tinta electrónica necesita bastante tiempo para actualizar la información que se muestra en pantalla, lo que le hace inapropiada para visualizar contenidos que pueden variar con rapidez.

## 2.2 Dispositivos de tinta digital

En la actualidad, es posible encontrar diferentes dispositivos que hacen uso de la tinta digital, desde los sencillos lápices digitales, pasando por las tabletas gráficas, las pizarras interactivas, hasta llegar a los distintos tipos de tabletas, entre los que se encuentra la tableta PC.

### 2.2.1 Lápiz digital

Un lápiz digital es un dispositivo de entrada que captura la escritura y/o trazos de un usuario, y los digitaliza para que puedan ser transmitidos a un computador, bien de forma inalámbrica, o a través de una interfaz como USB. Los datos pueden entonces ser interpretados por un software de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) y así utilizados en diferentes aplicaciones, o simplemente tratados como gráficos.

Un lápiz digital es generalmente de mayor tamaño y tiene más prestaciones que los simples estiletes, habituales en las *Personal Digital Assistant* (o *PDA*). Los lápices digitales incluyen normalmente componentes electrónicos internos que permiten incluir características tales como: la sensibilidad táctil, botones de entrada, memoria, capacidad de transmisión *Bluetooth*, y goma de borrar electrónica. Estos dispositivos se pueden encontrar como elementos independientes o formando parte de las tabletas gráficas, que serán descritas en la sección siguiente.



Figura 2-1: Lápiz digital inalámbrico de Logipen.

El principio de funcionamiento de estos lápices digitales es el siguiente: los movimientos de las manos y la ubicación del dispositivo son capturados y transmitidos mediante señales de alta frecuencia a un receptor que, mediante un software, es capaz de determinar los trazos escritos manualmente.

Existen lápices digitales que funcionan sobre cualquier tipo de papel o superficie, mientras que otros utilizan un papel especial que se conoce como “papel digital” o “papel interactivo”. En este caso, el papel incluye impreso un patrón de puntos que facilita la localización del lápiz

digital en el mismo. El más común es el patrón de puntos *Anoto*, que forma parte fundamental del sistema “*Anoto Digital Pen*” [38].

### 2.2.2 Tableta gráfica

Una tableta gráfica (*graphics tablet*), también denominada tableta digitalizadora o *pen tablet* es un periférico que permite al usuario introducir información manuscrita o dibujos a mano alzada, tal como lo haría con papel y lápiz. Asimismo permite apuntar y señalar los objetos que se encuentran en la pantalla, a modo de ratón. Consiste básicamente en una superficie plana sobre la que el usuario realiza los trazos mediante el lápiz que viene con la tableta. Los contenidos producidos no aparecen en la tableta sino que se muestran en la pantalla del ordenador. Sus tamaños suelen oscilar entre 8\*5 pulgadas hasta 24\*18 pulgadas.

Las tabletas digitalizadoras actuales se conectan habitualmente al computador a través de la interfaz USB, si bien algunas también transfieren los datos mediante Bluetooth, u otros enlaces inalámbricos para mayor comodidad de uso sin cables. Por otro lado, los últimos modelos añaden, a las posibilidades del lápiz, las ventajas de la funcionalidad táctil. Esto permite que mediante simples gestos con un dedo, se pueda seleccionar un objeto o abrir un menú. En el caso de que la tableta gráfica incorpore la llamada capacidad multitáctil, mediante dos dedos es posible ampliar la lista de gestos como por ejemplo, desplazarse fácilmente entre los contenidos (*flick*), reducir (*pinch*) o ampliar (*unpinch*) el tamaño del contenido visualizado. La capacidad multitáctil hace posible también la definición de gestos (*gestures*) más complejos que se hacen corresponder con operaciones habituales como el scroll (*swipe*-desplazamiento) o el zoom (*pinch*-pellizco). La Figura 2-2 muestra uno de los últimos dispositivos de *Wacom*, líder mundial en tabletas gráficas [39].



Figura 2-2: Tableta gráfica *Bamboo Pen & Touch*, de *Wacom*.

### 2.2.3 Pantallas interactivas

Las pantallas interactivas (*interactive pen displays* o *touch pen displays*) son dispositivos que integran la tecnología de las tabletas gráficas en la superficie de un monitor LCD. Esto permite

que los trazos a realizar con el lápiz se hagan directamente sobre la misma superficie en el que se van a visualizar, lo que sin duda facilita la realimentación del proceso. Se trata de periféricos que se pueden conectar a cualquier computador a través de una interfaz estándar, en general USB. Suelen ser dispositivos de altas prestaciones, que incorporan lápices sensibles tanto a la presión como a la inclinación, lo que supone obtener una experiencia similar a la del trabajo con pinceles y otras herramientas de trabajo gráfico, pero con las ventajas de un flujo de trabajo digital. Estas características las hacen especialmente útiles en el ámbito del diseño, la animación, el retoque fotográfico y, en general, para los procesos creativos, tal y como muestra la Figura 2-3.



Figura 2-3: Pantalla interactiva de gran formato de *Perceptive Pixel*, por *MS*.

#### 2.2.4 Pizarra digital interactiva

Una pizarra digital interactiva (*interactive whiteboard o IWB*) es una pantalla táctil de gran formato (existen en el mercado de hasta más de 85 pulgadas) que se conecta a un computador y a un proyector multimedia, de forma que éste proyecta la imagen del computador sobre la superficie de la pantalla, y donde el usuario dispone de mecanismos para poder interactuar con las correspondientes aplicaciones [40]. Las pizarras interactivas utilizan distintos tipos de sensores para detectar los procesos de interacción sobre su pantalla: resistivos, electromagnéticos, infrarrojos, láser, ultrasonidos, o basados en cámaras.

La mayoría de estas pizarras incorporan un software específico que permite introducir información sobre la imagen proyectada, bien usando los dedos, a través de teclados virtuales o mediante algún otro útil, como una especie de rotulador. Dado que esta tecnología permite realizar cualquier tipo de trazos sobre la pantalla, a modo de entradas manuscritas, se puede considerar también dentro de los dispositivos de tinta digital.

Las pizarras interactivas de última generación incorporan capacidad multitáctil, lo que posibilita que dos usuarios puedan interactuar simultáneamente con los contenidos proyectados, realizando diferentes tareas como, por ejemplo, escribir con tinta digital y manipular objetos digitales en cualquier parte de la superficie de la pizarra, tal y como se muestra en la Figura 2-4.



**Figura 2-4:** Pizarra digital interactiva *Smart Board 800i*, de *Smart Technologies*.

*Smart Technologies*, una de las compañías líderes en pizarras interactivas, dispone de una tableta digitalizadora inalámbrica, con tecnología Bluetooth, que vuelca los contenidos producidos en su área de trabajo mediante el lápiz, bien sobre una pizarra interactiva o sobre la pantalla de un ordenador (Figura 2-5). Del mismo modo, todas las notas y gráficos producidos se pueden almacenar como objetos digitales para su posterior manipulación. Por supuesto, permite controlar remotamente cualquier aplicación del PC, de igual forma que haríamos sobre la pizarra interactiva.



**Figura 2-5:** Tableta digitalizadora inalámbrica *Smart Slate*, de *Smart Technologies*.

### 2.2.5 Tableta PC

Entre los dispositivos que utilizan la tinta digital destaca, por sus prestaciones, la Tableta PC (TPC) que, de forma simple, podríamos definir como un computador portátil convencional cuya

pantalla actúa tanto como dispositivo de presentación como de entrada de datos. Su lápiz puede ser usado tanto para introducir órdenes de tipo ratón como para “escribir” o “dibujar” mediante la tinta digital. La Figura 2-6 muestra un ejemplo de estructura interna de las pantallas de estos dispositivos según el fabricante *Wacom* donde, gracias al elemento sensor situado bajo la pantalla LCD, se puede capturar el movimiento del lápiz sobre la misma.

#### Inside A Tablet PC With Wacom Pen Technology



**Figura 2-6: Componentes de la pantalla de una tableta PC, de tecnología *Wacom*.**

Los sistemas operativos nativos de las TPC permiten el uso de estas capacidades adicionales de entrada, al tiempo que posibilitan el desarrollo de aplicaciones software específicas.

Si bien hay algunos dispositivos anteriores relacionados con la entrada de datos manuscritos, fue hacia finales de los años 50 cuando Tom Dimond introdujo la tableta electrónica *Styalator*, que incluía un lápiz digital para entrada de datos en el computador, y software para reconocimiento del texto manuscrito en tiempo real [41].

A principios de los 60, Davis y Ellis [42] introducen un nuevo dispositivo llamado *RAND Tablet* y, quizás lo más importante, utilizan por primera vez el término “*pen-computing*”.

En 1968, Alan Kay, de Xerox Park, propuso un dispositivo llamado *Dynabook* [43], mostrado en la Figura 2-7, caracterizado por su poco peso, su capacidad de comunicarse de forma inalámbrica, así como de almacenar electrónicamente notas escritas con un lápiz. Es quizás el primer sistema con mayor parecido a lo que hoy conocemos por tableta PC. Sin embargo, el dispositivo propuesto nunca se llegó a construir.

La idea de Kay fue puesta en práctica parcialmente por muchos dispositivos fabricados en los años 80 y 90, en particular, el *Apple Newton* y el *Personal Digital Assistant* [44]. El término “*Tablet PC*” fue acuñado por *Microsoft* (MS) en 2002, cuando introdujo su sistema operativo *Windows XP Tablet PC Edition*. El sistema operativo del sistema permite el uso de la tinta digital para escribir o dibujar mediante el citado lápiz especial.

Respecto a los distintos estilos de diseño (*form factor*) se pueden distinguir básicamente tres tipos de TPC que se describen a continuación: *slate*, convertible e híbrido.

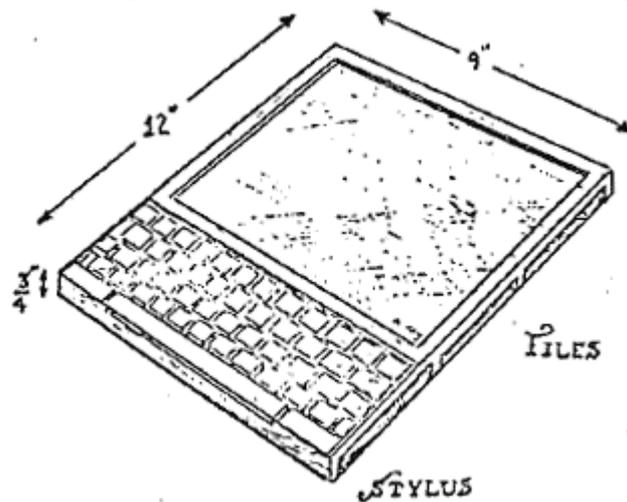


Figura 2-7: Ilustración original del *Dynabook*, precursor de la TPC.



Figura 2-8: Tipos de TPC en función de su factor de forma.

La tableta PC “*slate*” (Figura 2-8, izquierda), cuyo nombre deriva de su forma plana, como la de una pequeña pizarra, es un dispositivo que carece de teclado tradicional para potenciar su portabilidad. Por lo general, en comparación con las otras TPC, suelen ser más ligeras y de pantallas más pequeñas, la mayoría en el rango de 8 a 12 pulgadas. Son muy populares en los llamados “mercados verticales”, como salud (Figura 2-9), ventas, hostelería, y trabajos de campo. Este factor de forma es el más común en las tabletas actuales.



Figura 2-9: Ejemplo de uso de un “*slate*” en el ámbito sanitario.

Para uso en entornos exteriores, se fabrican versiones robustas (“*rugged*” *Tablet PC*) de este tipo de dispositivos, diseñados para soportar impactos y trabajar en mayores rangos de temperatura y humedad. Suelen disponer también de una pantalla especial que es visible en condiciones de luz solar directa.



**Figura 2-10:** Ejemplo de “*rugged*” TPC de Xplore Technologies (*Xplore iX104C4*).

La tableta PC “convertible” (Figura 2-8, centro) es el dispositivo más popular y su apariencia es la de un portátil, pues incluye una base con teclado y, en ocasiones, también una unidad para discos ópticos. Se caracteriza por disponer de una pantalla que puede girar 180° hasta hacerla descansar sobre el teclado, ofreciendo una superficie plana donde poder utilizar directamente el lápiz. El tamaño de sus pantallas se sitúa en el rango de 9 a 14 pulgadas, aunque la mayoría de los dispositivos se ofrecen con pantallas del orden de 12 pulgadas.

La tableta PC “híbrida” (Figura 2-8, derecha) comparte las características del convertible, aunque incorpora un teclado que se puede separar completamente del resto del dispositivo, convirtiéndole en una del tipo *slate*. Con el tiempo, este tipo de configuración con teclados separables se ha tornado muy popular y, muchos de los equipos comercializados a principios de 2014, se anuncian como convertibles.

Si bien mucho menos habituales, también existen las llamadas tableta PC “folleto” (*booklets*), que incorporan dos pantallas que se pliegan como un libro (Figura 2-11), e incluyen capacidades multitáctil y de tinta digital. Están diseñadas para ser utilizadas como agendas digitales, dispositivos de navegación por Internet, planificadores de proyectos, reproductores multimedia (música, vídeo, televisión) y lectores electrónicos.



Figura 2-11: Ejemplo de tableta PC del tipo “folleto” (*Entourage Edge dual-screen*).

### 2.2.6 Las “nuevas” tabletas

Desde el histórico lanzamiento en abril de 2010, del *iPad* de *Apple Inc.* [45], el lanzamiento de dispositivos similares, a los que denominaremos de forma genérica como **tabletas** (*tablets* o *tablet computers*), no ha dejado de aumentar. En una primera aproximación, estos dispositivos se podrían situar entre los teléfonos móviles inteligentes (*smartphones*) y los ordenadores portátiles (*laptops* o *netbooks*). Se trata de dispositivo ligeros, con pantallas de tamaños comprendidos habitualmente entre las 7 y las 10 pulgadas, que han sido diseñados para poder ser usados sin un teclado físico. Aunque el término utilizado podría sugerir que se trata simplemente de una actualización de la tableta PC descrito en la sección anterior, veremos que, dentro de lo que llamamos tabletas, podemos encontrar dispositivos muy diferentes.

En las TPC destacábamos la inclusión del lápiz como su principal elemento diferenciador. Sin embargo, siguen compartiendo con los tradicionales computadores personales (*PC*) el mismo enfoque básico en cuanto a la interfaz de usuario, que continúa optimizada para el uso del ratón y el teclado. Además, como sucede también en los PC, su forma de trabajo se basa en la clásica metáfora de ficheros y carpetas, y utilizan el mismo tipo de sistemas operativos, quizás algo modificado. Las nuevas tabletas son, sin embargo, dispositivos de tercera generación que se basan en una interfaz *MPG* (*Multi-touch, Physics and Gestures*), la misma que encontramos en dispositivos como el *iPhone*, de *Apple*, u otros muchos teléfonos móviles inteligentes. Suelen incorporar pantallas táctiles capacitivas que permiten usar las yemas de los dedos para el control de la interfaz, en lugar de las pantallas táctiles resistivas donde generalmente se utilizaba algún tipo de estilete o puntero.

Muchas de ellas se diferencian también de las TPC en lo referente a los sistemas operativos que utilizan. La mayoría de tabletas utilizan versiones ligeramente modificadas de los operativos de teléfonos móviles inteligentes, tratando así de sacar partido de su mayor tamaño de pantalla, y de la mayor velocidad de su procesador. Por ejemplo, un buen número de fabricantes han optado para sus productos por *Android*, el sistema operativo para teléfonos inteligentes y tabletas de *Google*. *Apple*, sin embargo, ha incorporado *iOS* en sus distintas versiones de *iPads*, mientras *Hewlett Packard* introducía *WebOS* en su modelo *TouchPad*, y *Research In Motion* implantaba *Tablet OS*. Sin embargo, para ser precisos conviene señalar que algunos de los

productos presentados en 2011, podían funcionar con Windows 7, como era el caso de la *Eee Slate EP121*, uno de los modelos de gama alta del fabricante Asus; la *Iconia Tab W500P*, de Acer; la *IdeaPad*, de Lenovo o la *Series 7 Slate*, de Samsung.

Otra diferencia básica respecto de las TPC es que muchas tabletas tienen restringidas las aplicaciones que permiten instalar, esto es, siguen una aproximación denominada “jardín vallado” (*walled garden approach*). Del mismo modo, aunque existen plataformas de desarrollo para los distintos sistemas operativos, sólo se pueden distribuir las aplicaciones autorizadas por las compañías. Estas aplicaciones son alojadas en sus respectivas tiendas de software (como *Google Play Store* o *App Store*).



**Figura 2-12:** Tableta *Eee Slate EP121*, de Asus.

Entre las características típicas de las tabletas se pueden citar: la duración de su batería que, en ocasiones, puede alcanzar más de diez horas; su rápido arranque desde el modo en suspensión, de unos pocos segundos; la incorporación de unidades de almacenamiento de estado sólido (SSD); o sus capacidades de conectividad, a través de redes inalámbricas Wi-Fi y/o 3G o 4G (*cellular data networks*).

En general, estas tabletas pueden admitir adicionalmente el uso de lápices y, por tanto, se pueden considerar igualmente dentro de los dispositivos de tinta digital. Algunos fabricantes de tabletas los incluyen de origen, como es el caso de la *Motorola Xoom*, la *Asus Eee Slate EP121 Tablet PC* o la *Fujitsu Stylistic Q550 Slate PC*. En otros casos, se pueden utilizar lápices de otros fabricantes, como sucede en el *iPad* con el *Bamboo Stylus*, de Wacom, o el *Scribbly*.



**Figura 2-13:** Dos modelos de lápiz para tableta iPad. Izda: *Bamboo Stylus*; Dcha: *Scribbly*.

En paralelo a la introducción de las nuevas tabletas, en 2011 Intel registró el término “*ultrabook*” [46], referido a un nuevo tipo de ordenador portátil caracterizado por su reducido espesor y peso, su procesador Intel de tercera generación (*i5* o *i7*), su batería de larga duración y sus conexiones del tipo USB 3.0 o de tecnología *Thunderbolt*, que permiten transferencia de datos mucho más rápida y con mayor calidad. Para antes de finales de 2012, se anunció la venta de 30 nuevos *ultrabooks* táctiles, 10 de los cuales serían convertibles, es decir, con posibilidad de poner y quitar el teclado e incluso girar la pantalla. Con un estilismo muy parecido al de las tabletas, ésta sería la antesala para la tercera fase de *ultrabooks*, que llegaría en 2013 con la nueva generación de procesadores y baterías de mayor duración. En esta misma línea, *Microsoft* anunció a mediados de Junio de 2012 su nueva tableta *Surface* [47], como “una nueva familia de PC para *Windows*”. La Figura 2-14 muestra el prototipo presentado que incluye una cubierta táctil de 3 mm (*Touch Cover*), que hace además las veces de teclado, y un caballete integrado. En particular, se fabricaron dos modelos: uno con procesador ARM y *Windows RT*, y otro con procesador *Intel Core* de tercera generación y *Windows 8 Pro*, que incluía también un lápiz.



**Figura 2-14:** Prototipo de *Tablet Surface* de *Microsoft*.

Una buena prueba del interés que en la actualidad despiertan estas tecnologías es la cantidad de iniciativas de bajo coste que han surgido últimamente como *Irynsoft's Virtuoso Education Tablet* (<http://irysoft.com/tablets/>), un proyecto en desarrollo que utiliza un dispositivo Android del tamaño de un Kindle, diseñado especialmente para el ámbito educativo y que incluye vídeos, libros y cuestionarios gratuitos; o el *Vivaldi Tablet* (<http://makeplaylive.com/>), aparecida en mayo de 2012, un proyecto internacional cooperativo que incorpora un procesador ARM Cortex A9 y funciona sobre una plataforma de software libre de GNU/Linux (*Mer Core*) y una interfaz de usuario *KDE's Plasma Active*, desarrollado por Aaron Seigo.

De todos los dispositivos descritos, este trabajo se centra en las posibilidades de las TPC. Aunque, como se dijo anteriormente, se trata de un computador portátil de propósito general, requiere de un software específico para poder gestionar la funcionalidad de su lápiz. Este software comienza con el sistema operativo utilizado.



Figura 2-15: Representación simbólica del proyecto educativo *Virtuoso Education Tablet*.

### 2.3 Sistemas operativos de las tabletas PC

El primer sistema operativo capaz de gestionar la entrada de lápiz fue presentado por *GO Corporation* en 1991 bajo el nombre de *PenPoint OS*. En ese mismo año, *Microsoft* publicó *Windows for Pen Computing 1.0*, una suite de software que permitía al sistema operativo *Windows 3.1x*, incorporar las funcionalidades del lápiz en este entorno. En particular, se incluía un teclado virtual sobre la pantalla, un programa editor tipo *notepad* para escribir mediante el estilete, y otro programa que enseñaba al sistema a responder, de forma precisa, a las entradas manuscritas del usuario. En 1995, se actualiza a la versión *Windows for Pen Computing 2.0*, para adaptar estas funcionalidades al sistema operativo *Windows 95*.

En 2002, MS lanzó su primer sistema operativo con soporte para entrada de lápiz, bajo la denominación de *Windows XP Tablet Edition*. La distribución anterior fue actualizada con posterioridad en la *Windows XP Tablet Edition 2005*, que era esencialmente una versión de *Windows XP Professional* con soporte añadido para entrada de lápiz. Desde entonces, una de las principales características de los sistemas operativos Windows es la inclusión del llamado panel de entrada de la tableta PC (*Tablet PC Input Panel*), mostrado en una versión más actual en la Figura 2-16. Este panel proporciona al usuario un área donde se puede utilizar el lápiz para introducir libremente caracteres manuscritos que, mediante el correspondiente proceso de reconocimiento de caracteres (OCR), pueden convertirse en texto. Una vez en forma de texto, puede ser insertado en cualquier aplicación.



Figura 2-16: Panel de entrada estándar para Tablet PC en Windows 7.

*Windows Vista* extendió el soporte para tableta PC en todas sus versiones, y modificó su panel para permitir la entrada de datos también carácter por carácter, lo que ayudaba a corregir potenciales errores de reconocimiento. Además, se mejoró el motor de reconocimiento de caracteres, incluyendo una herramienta de personalización que adaptaba el proceso de

reconocimiento a los caracteres manuscritos particulares de cada usuario. También se introdujo alguna funcionalidad multitáctil, en particular el gesto de tachado (*scratch out gesture*) que permitía borrar los trazos de tinta por la zona en la que retrocedía el lápiz.

*Windows 7* continuó con muchas de las mejoras introducidas en *Windows Vista*. En particular, incorporó un panel de entrada matemático que permitía el reconocimiento de expresiones matemáticas manuscritas para su posterior inserción en diferentes aplicaciones. *Windows 7* siguió avanzando en la capacidad multitáctil, lo que le permitía detectar simultáneamente, uno, dos o muchos puntos de contacto. Además, esta funcionalidad le posibilitaba aumentar el número de gestos que se pueden reconocer. Estas capacidades se han seguido mejorando en *Windows 8*.

Muchas distribuciones de Linux pueden instalarse también en las TPC. Sin embargo algunas veces requieren instalar controladores adicionales para admitir la entrada del lápiz.

## **2.4 Herramientas software**

Muchas aplicaciones incorporan una interfaz propia que hace posible la utilización de la tinta digital, más allá de la que proporciona el sistema operativo. En este apartado describiremos algunas de las aplicaciones que operan completamente en el contexto de la tinta digital, sin necesidad de traducir a texto. Teniendo en cuenta que *Microsoft* ha sido históricamente uno de los impulsores del uso del lápiz en sus sistemas operativos, no debe extrañar que la mayoría de aplicaciones trabajen en entornos *Windows*, aunque algunas están disponibles también para otras plataformas. Por tanto, se introducirán también algunas aplicaciones específicas para otros entornos, como Linux y/o Mac, así como ejemplos de aplicaciones diseñadas para sistemas operativos móviles.

Dentro de las diferentes aplicaciones que hacen uso de la tinta digital podemos distinguir herramientas generales que mejoran la productividad, de otras diseñadas específicamente para entornos educativos. Dentro de este último grupo podríamos a su vez diferenciar las aplicaciones que, independientemente de la disciplina, promueven el trabajo colaborativo, de otras que se asocian a áreas de conocimiento determinadas (física, química, matemáticas, arte, música...). Aunque describiremos las aplicaciones en función de su uso principal, observaremos que algunas de las descritas en un apartado podrían ser consideradas también en otros.

### **2.4.1 Toma de notas (*note taking*)**

En esta sección se incluyen aquellas aplicaciones que facilitan la captura de información de fuentes que, en ocasiones, pueden ser transitorias, como es el caso de una conversación, una reunión o una clase magistral. De alguna forma, pretenden mejorar los procesos clásicos de toma de notas con papel y lápiz y es, en este punto, donde la tinta digital tiene un especial protagonismo. Las aplicaciones de este tipo utilizan en general un concepto amplio de lo que se

entiende por una "nota" que puede ser: un fragmento de texto con formato, un conjunto de trazos realizados a mano alzada, una página web completa o una porción de la misma, una fotografía, o un fragmento de voz. Si bien existen numerosas aplicaciones con este propósito, describiremos únicamente aquellas que presentan unas características más destacadas.

*Evernote* (<http://www.evernote.com>) de *Evernote Corporation*, es una aplicación gratuita multiplataforma para captura de información y su posterior almacenamiento y procesado. Las notas pueden ser guardadas en carpetas y luego incorporar etiquetas y comentarios, permitiendo al usuario recopilar y organizar distintas fuentes de información, usualmente poco elaboradas en el momento de la captura. Este tipo de aplicaciones ofrece además una gran facilidad de búsqueda de la información entre los distintos tipos de contenidos. En este caso, una de sus principales características es que puede usarse desde prácticamente todo tipo de dispositivos, ya que existen versiones para sistemas operativos de escritorio (*MS Windows* y *Mac OS X*), sistemas operativos móviles (*iOS*, *Android*, *Blackberry*, *Windows Phone 7* y *WebOS*) y también en línea con un capturador web (utilizando una extensión de los navegadores *Safari*, *Chrome* o *Firefox*). Ofrece también funciones de sincronización y de copia de seguridad. Quizá el único inconveniente de esta aplicación es que no se puede acceder a las notas sin conexión a Internet.

*OneNote* (<http://www.microsoft.com/office/onenote/>) es el software de toma de notas que se incluye como parte de la suite *Office*, de *MS*. Puede considerarse como un bloc de notas electrónico que fue diseñado, desde un principio, para explotar las posibilidades de la tinta digital. La aplicación almacena la información de forma automática, conforme se va introduciendo y, en lugar de la típica estructura de ficheros, aquí se organiza en cuadernos, grupos de secciones, secciones, páginas y subpáginas. En particular, *OneNote* tiene una característica llamada "sesión compartida" que permite que varias personas trabajen en la misma página simultáneamente desde distintas ubicaciones. Existen también versiones para sistemas operativos móviles tales como *Android*, *iOS*, *Symbian* y *Windows Phone 7*. Además, se puede acceder a documentos *OneNote* almacenados en la nube mediante un navegador, usando la correspondiente *Office Web App*.

Otras aplicaciones interesantes para toma de notas en entornos *iOS* son *Noteshelf* de *Ramki* (Figura 2-17), y *Notability*, de *Ginger Labs*, que incluye además grabación de audio y posibilidad de anotar documentos PDF. En entornos *Android* destacaríamos *Note Everything* de *SoftXPerience* y *QuickNote Notepad Notes* de *Xllusion*.

## 2.4.2 Anotación de documentos

Se incluyen en esta sección aquellas aplicaciones que permiten incorporar notas en tinta digital a documentos generados previamente en otros formatos aunque, en general, también podrían ser utilizadas para la toma de notas general explicada anteriormente.

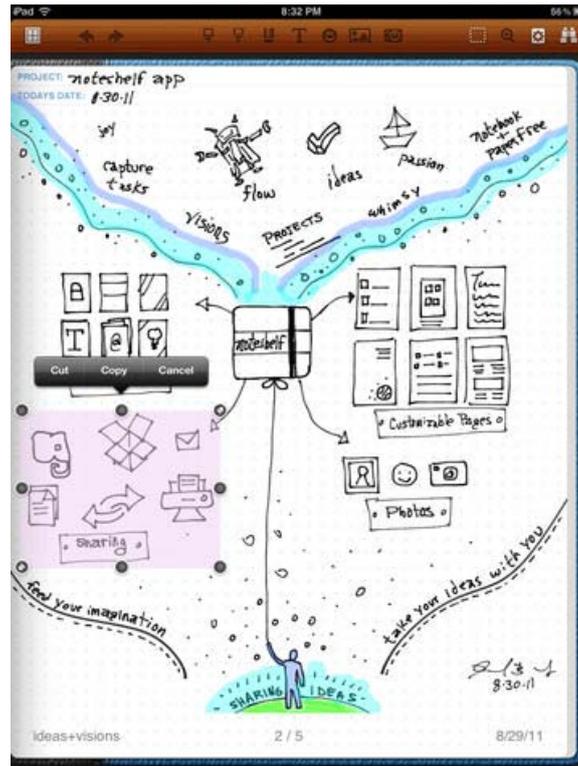


Figura 2-17: Captura de pantalla de *Noteshelf* describiendo sus posibilidades.

Existe un buen número de aplicaciones que permiten trabajar con documentos en formatos independientes como *Portable Document Format* (PDF) y realizar anotaciones en tinta digital sobre los mismos, tal y como se muestra en la Figura 2-18. Ejemplos de este grupo para entornos *Windows* son las aplicaciones comerciales *PDF Annotator* ([www.pdfannotator.com](http://www.pdfannotator.com)) de *Grahl Software*; *Bluebeam Revu* (<http://www.bluebeam.com/us/products/revu/>) de *Bluebeam Software*, que ofrece distintas versiones del producto según los requerimientos y los tipos de ficheros que maneja (*Standard*, *CAD* y *eXtreme*), incluyendo también una versión para *iPad*; *Foxit Reader* ([http://www.foxitsoftware.com/Secure\\_PDF\\_Reader/](http://www.foxitsoftware.com/Secure_PDF_Reader/)) de *Foxit Software*, o la herramienta en línea *PDFescape* (<http://www.pdfescape.com/>) de *Red Software*.

Entre las aplicaciones de código abierto en *Linux* encontramos *Xournal* (<http://xournal.sourceforge.net/>) que, además de la toma de notas a mano alzada, permite la anotación de documentos PDF en varias capas, de tal modo que estas anotaciones se almacenan separadamente del archivo PDF original sin modificar, aunque el documento anotado se puede exportar a PDF; *Jarnal* (<http://jarnal.wikispaces.com/>) que es una aplicación de toma de notas muy completa escrita en *Java*, por lo que sus ficheros pueden ser editados y visualizados en cualquier otra plataforma (*Windows* y *Mac OS X*), permite el trabajo colaborativo e incluye una función de reconocimiento de escritura a mano alzada, además de la posibilidad de grabar los trazos del lápiz y reproducirlos como una animación; y *Gournal* (<http://www.adebenham.com/old-stuff/gournal/>), una aplicación de toma de notas escrita en *Perl*. *Skim* (<http://skim-app.sourceforge.net/>) funciona en entornos *Mac OS X* y permite

igualmente anotaciones a mano alzada en ficheros PDF. También existen distintas aplicaciones para anotar documentos PDF en el ámbito de los dispositivos móviles. Disponibles tanto en entornos *iOS* como *Android* podemos destacar *ezPDF Reader PDF Annotate Form* de *Unidocs Inc.*, e *iAnnotate PDF* de *Branchfire*, mientras que en *Android* resulta de interés *RepliGo PDF Reader*, de *Cerience Corporation*, y *GoodNotes*, de *Time Base Technology*, para entornos *iOS*.

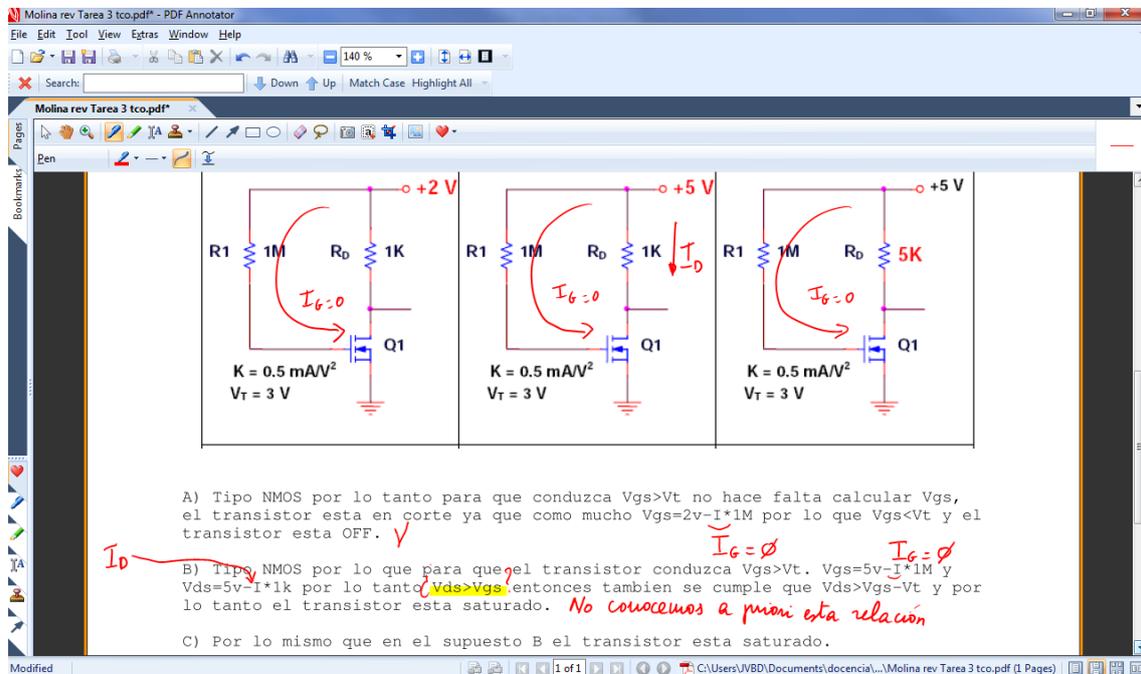


Figura 2-18: Captura de pantalla de PDF Annotator en la revisión de una tarea.

Dentro de las herramientas de tipo general, cabe señalar que los productos de MS Office incluyen, desde la versión 2003, soporte para tinta digital. Esto significa que pueden añadirse directamente anotaciones manuscritas en documentos de tipo texto, presentaciones u hojas de cálculo, de forma similar a como se haría sobre documentos impresos. El potencial en el campo educativo es importante pues facilita la incorporación de conjuntos de símbolos propios de cualquier disciplina (matemáticas, química, música, lenguas orientales...), el dibujo de esquemas y diagramas a mano alzada, o poder realizar marcas en determinadas zonas de una imagen. Por otro lado, facilita revisar, comentar, corregir y, en su caso, calificar actividades de los alumnos enviadas en soporte electrónico y devolver los documentos y sus correspondientes anotaciones en tinta digital, tan pronto como se haya completado el proceso de revisión. La eficiencia de este tipo de tareas mejoraría, sin duda, en el entorno de un sistema de gestión del aprendizaje (del tipo Moodle, Sakai, Blackboard...).

### 2.4.3 Mapa de ideas

Otras aplicaciones generales interesantes son las que permiten el uso de la tinta digital para desarrollar los llamados “mapas de ideas” (*idea maps*), que representan de forma gráfica relaciones entre ideas y conceptos.

*MindManager* (<http://www.mindjet.com/products/mindmanager/>) de *Mindjet Corporation*, es una aplicación comercial disponible para *MS Windows* y *Mac OS X* que produce mapas de ideas basados en el método introducido por Anthony P. Buzan [48]. Una de sus principales características es que incorpora un modo de trabajo en tinta digital (“*ink mode*”) en el que reconoce distintos gestos del lápiz para realizar acciones habituales en este contexto, tales como insertar un tópico o subtópico, insertar un dibujo a mano alzada, hacer zoom, centrar el mapa, etc. También permite incorporar dibujos en tinta que pueden ser convertidos a gráficos o insertar notas manuscritas que pueden ser convertidas a texto (Figura 2-19). Existen también versiones para dispositivos móviles en los entornos *iOS* y *Android*.

#### 2.4.4 Presentación y colaboración

Como se dijo anteriormente, hay una serie de aplicaciones diseñadas específicamente para potenciar las posibilidades de las Tablet PC en los procesos de enseñanza y aprendizaje, con independencia del área de conocimiento. Las que han experimentado una mayor atención han sido: *Classroom Presenter* (<http://www.cs.washington.edu/education/dl/presenter/>), desarrollada por la Universidad de Washington; su extensión para dispositivos móviles llamada *Ubiquitous Presenter* (<http://up.ucsd.edu/>), desarrollada por la Universidad de California San Diego; y la más completa de todas ellas, *DyKnow Vision* (<http://dyknow.com/products/vision>), una aplicación comercial desarrollada por la compañía *DyKnow*. En términos generales, estas aplicaciones se plantean en entornos de aprendizaje donde cada alumno dispone de un dispositivo conectado en red con el equipo del profesor. Sin embargo, podrían ser usadas también con otro tipo de equipos con capacidad de tinta digital, como los descritos en la sección 2.2 y, por supuesto, con un mayor número de alumnos por equipo. El propósito general de todas estas aplicaciones es favorecer clases más dinámicas donde se promueve la actividad del alumno gracias a una serie de características comunes como son:

- El profesor puede cargar una presentación electrónica y compartirla con sus estudiantes. Además, de forma espontánea, puede realizar anotaciones sobre la presentación original, que aparecen igualmente en los dispositivos de los estudiantes.
- Los alumnos pueden, a su vez, realizar sus propias anotaciones sobre la instancia recibida en su equipo.
- Los alumnos pueden enviar sus contribuciones al profesor que podrá previsualizarlas de modo privado en su equipo o mostrarlas, a través del cañón, a toda la clase para así fomentar la discusión. Del mismo modo, el profesor puede realizar anotaciones sobre el material mostrado y, si lo estima conveniente, difundirlo a todos los alumnos.
- Los profesores pueden plantear sondeos a sus alumnos con preguntas de tipo verdadero/falso, o de respuesta múltiple, que se pueden contestar seleccionando la opción correspondiente. Esta utilidad se asemeja a los diversos sistemas de respuesta de la audiencia, traducido del término inglés *Classroom / Student / Personal / Audience Response Systems* [49], también conocidos como *Electronic Voting Systems* (EVS) o

simplemente “clickers” y, de la misma forma que en estos sistemas, el profesor puede recoger las respuestas y mostrar de forma gráfica las correspondientes estadísticas.

- Los alumnos pueden trabajar en grupos y compartir determinados documentos que podrán presentar en público, una vez elaborados.
- Profesores y alumnos pueden almacenar, en formato electrónico, toda la información generada en el aula, incluyendo las anotaciones en tinta digital y, por supuesto, puede ser publicada en cualquier repositorio de la asignatura.

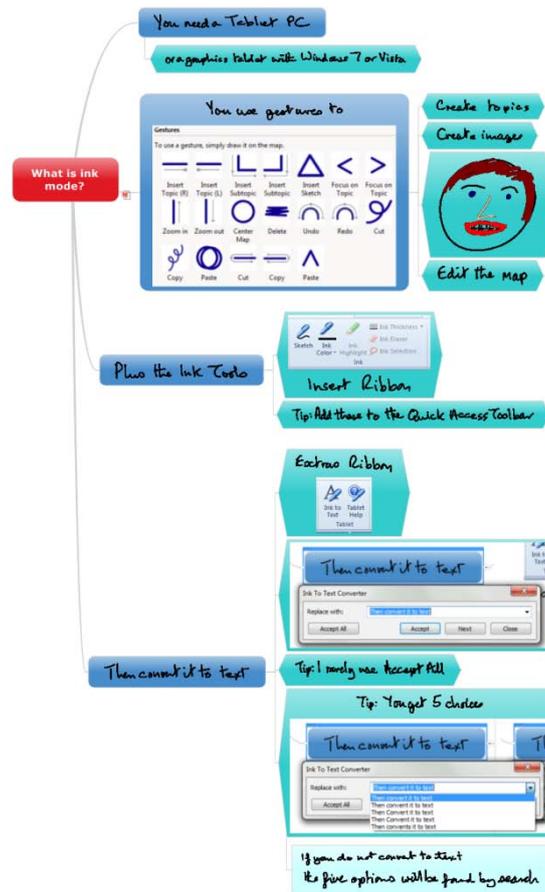


Figura 2-19: Posibilidades del “modo tinta” en la aplicación *MindManager*.

### 2.4.5 Conferencia web

Las herramientas utilizadas para difundir conferencias a través de la web (*web conference*) están, en general, diseñadas para contextos de uso no necesariamente educativos y ofrecen un gran número de funcionalidades, entre las que se suelen incluir muchas de las enumeradas anteriormente en las herramientas de presentación y colaboración, como son: la distribución de presentaciones, la posibilidad de anotación o la realización de sondeos. Estas herramientas suelen incorporar adicionalmente la distribución de señales de audio y vídeo, la compartición del escritorio, la compartición de aplicaciones, la grabación de las sesiones, la cesión del control o el chat. Mientras algunas de estas herramientas requieren que los usuarios instalen un software

en sus equipos, otras son aplicaciones totalmente basadas en web. Algunos ejemplos de este tipo de aplicaciones son *Adobe Connect* (<http://www.adobe.com/es/products/adobeconnect.html>), *GoToMeeting* ([http://www.gotomeeting.com/fec/online\\_meeting](http://www.gotomeeting.com/fec/online_meeting)), *MS Office LiveMeeting*, *Cisco WebEx Meeting* (<http://www.webex.com/>), *Yugma Pro* (<https://www.yugma.com/>), o *Vyew* (<http://vyew.com/s/>).

Uno de los usos típicos de las aplicaciones de conferencia web en el ámbito educativo es el seguimiento síncrono y a distancia de sesiones de clase. En estos casos, la clase virtual se ubica en una URL que el profesor envía a sus alumnos, a modo de invitación de acceso a la misma. Entonces, los alumnos tratarán de acceder a la clase mediante su identificador de usuario y deberán esperar el correspondiente permiso del profesor. Una vez concedido el acceso, los alumnos pueden ver el contenido que el profesor está compartiendo, escuchar y ver la retransmisión de audio y vídeo de la sesión, y utilizar el chat u otras funcionalidades para comunicarse con la clase, como por ejemplo: “levantar la mano” para preguntar, aplaudir, o contestar a alguna pregunta planteada por el profesor, entre otras. Algunos ejemplos de aplicaciones diseñadas específicamente para el ámbito educativo son: *Lecture Tools* (<http://www.lecturetools.com/>), *WizIQ* (<http://www.wiziq.com/>), *Blackboard Collaborate* (<http://www.blackboard.com/platforms/collaborate/overview.aspx>), *Saba Classroom* (<http://www.sabameeting.com/virtual-classroom-software>), o *Electa Live* (<http://www.electa.com/aboutelecta.asp>), entre otras.

#### 2.4.6 Pizarras virtuales

Este tipo de aplicaciones, conocidas también como *online interactive whiteboards*, permiten que distintos equipos conectados en red compartan un espacio común a modo de lienzo, donde cada usuario puede generar trazos a mano alzada para escribir o dibujar, mediante la tinta digital. Además de esta funcionalidad básica como pizarra, muchas de estas aplicaciones permiten cargar sobre la pizarra imágenes u otros tipos de documentos, consultar páginas web, comunicarse en tiempo real mediante audio y/o chat, o incluso reconocer formas simples. Estas herramientas pueden ser útiles a la hora de diseñar actividades colaborativas del tipo bombardeo de ideas (*brainstorming*,) o simplemente para realizar tutorías virtuales. La Figura 2-20 muestra la interfaz de *Scribblar* (<http://www.scribblar.com/>), una de las aplicaciones más típicas en este ámbito. Otros ejemplos son: *Scriblink* (<http://www.scriblink.com/>), *Twiddla* (<http://www.twiddla.com/>), o una aplicación desarrollada por la UNED denominada *Pizarra On-line* (<https://intecca.uned.es/>).

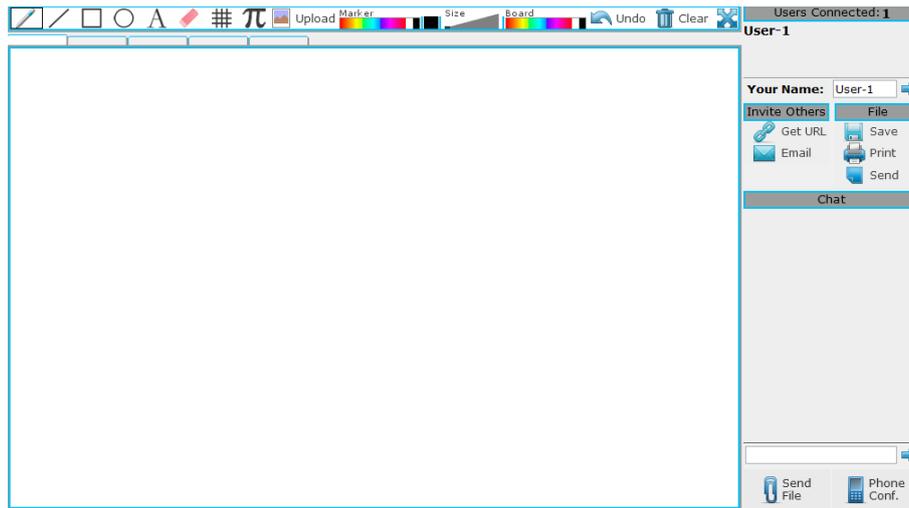


Figura 2-20: Pantalla principal de la aplicación de pizarra virtual *Scribblar*.

### 2.4.7 Software de *Sketching*

En este apartado podemos distinguir dos tipos de aplicaciones. Las generales que explotan las posibilidades de la tinta digital para incorporarlas en programas de dibujo, y aquéllas que están diseñadas específicamente para producir elementos gráficos en el ámbito de una disciplina concreta, bien sea la música, la electrónica, las matemáticas, o la química, entra otras.

- *Sketchbook Pro*, de *AutoDesk*, es un programa de dibujo diseñado específicamente para utilizar con dispositivos de tinta digital. Incluye distintos tipos de lápices, marcadores y pinceles, así como gestión de capas mediante el lápiz.
- *ArtRage Studio*, disponible en dos versiones, una gratuita simplificada y una completa de pago. Permite pintar con óleos, realizar esbozos con distintos tipos de lápices o utilizar plantillas para generar todo tipo de líneas.
- *GraphPad* (<http://people.clemson.edu/~sbryfcz/GraphPad/>), diseñada específicamente para explotar las características de las TPC, permite crear todo tipo de gráficos, de forma rápida y con total libertad, tal como se haría en papel.
- *Corel Painter* (<http://www.corel.com/>), diseñada para crear arte digital, permite esbozar, organizar y compartir las ideas gráficas de los usuarios.
- *SketchUp*, de *Google* (<http://www.sketchup.com/>), herramienta pensada para el modelado 3D, utilizada principalmente en el ámbito de la construcción, la ingeniería, el diseño de interiores, el urbanismo, el diseño de juegos o en el cine.
- *LADDER Sheet Music* (<http://srl.csdl.tamu.edu/musicscribble.shtml>), reconoce representaciones a mano alzada de notas musicales sobre un pentagrama y es capaz de reproducir la melodía correspondiente.

- *CircuitBoard* (<http://cs.ucsb.edu/~arch/sketch/circuitboard/>) para el diseño y análisis de circuitos lógicos, a partir del reconocimiento de los correspondientes esquemas, dibujados a mano alzada, tal y como muestra la Figura 2-21.

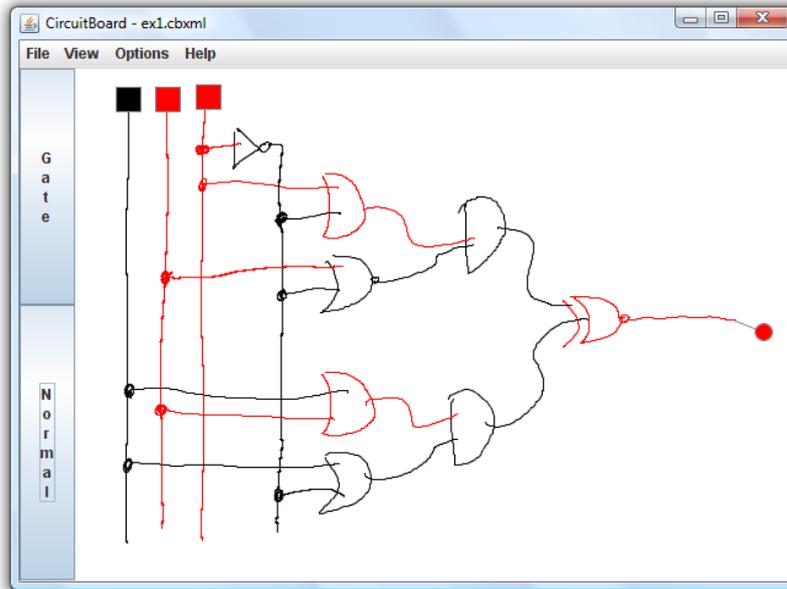


Figura 2-21: Ejemplo de uso de la aplicación *CircuitBoard*.

- *LogiSketch* (<http://www.cs.hmc.edu/~alvarado/research/download.html>), reconoce diagramas lógicos digitales dibujados a mano y permite simularlos. Se caracteriza por permitir dibujar libremente, sin limitaciones de estilo.
- *SketchUML* (<http://sketchuml.tenbergen.org/>), para representar sistemas software mediante el lenguaje unificado de modelado (UML).
- *FluidMath* ([www.fluidmath.com](http://www.fluidmath.com)), permite escribir ecuaciones y dibujar diagramas y objetos. Además las ecuaciones son reconocidas matemáticamente y se pueden representar de forma gráfica.
- *MathPad2* ([www.cs.brown.edu/~jil/mathpad](http://www.cs.brown.edu/~jil/mathpad)) permite escribir expresiones matemáticas y representarlas gráficamente mediante un simple gesto (Figura 2-22).
- *Chempad* (<http://graphics.cs.brown.edu/research/chempad/home.html>), para dibujar diagramas de moléculas a partir de los cuales se generan los modelos 3D correspondientes
- *OrganicPad* (<http://people.clemson.edu/~sbryfcz/OrganicPad/>) es una herramienta educativa diseñada para dibujar libremente las moléculas de una manera intuitiva.

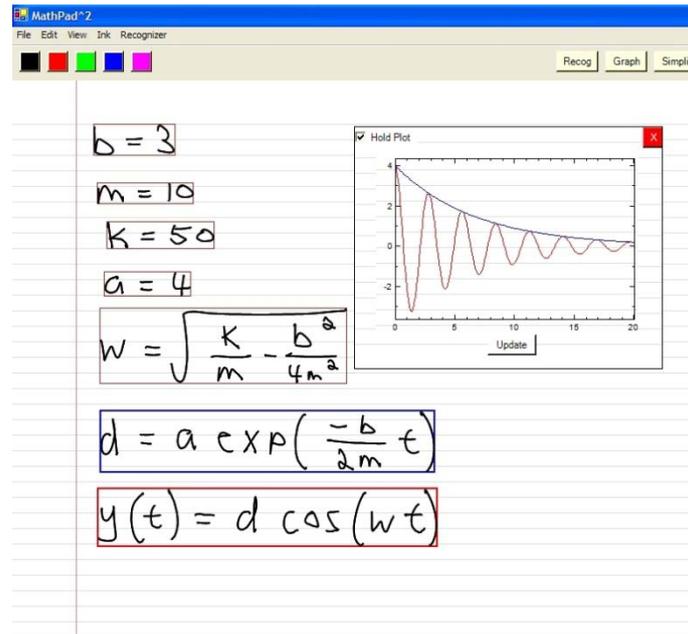


Figura 2-22: Ejemplo de uso de la aplicación *MathPad2*.

## 2.5 Conclusiones

En este capítulo hemos repasado los aspectos básicos de las TTD, tanto en lo que a dispositivos se refiere, como a las aplicaciones que explotan la tinta digital. De entre los dispositivos analizados, las tabletas PC son las que presentan mayores capacidades en el ámbito educativo, tal y como se verá en el estudio de la literatura, del capítulo siguiente. Además, el hecho de poder contar con un buen número de TPC, conseguidas como parte del premio de HP citado anteriormente, nos ha permitido plantear experiencias reales con ese equipamiento.

Si bien en estos últimos años, la venta de tabletas no ha dejado de crecer, también es cierto que están apareciendo un buen número de equipos con características similares, aunque mejoradas, de lo que hemos venido a llamar TPC convertibles y, en algunas ocasiones, también incorporan de serie un lápiz. Esto concuerda de alguna forma con las previsiones de Elgan [50] que, a mediados de 2011, en un artículo titulado “*Why the iPad is a Pen-Based Tablet*”, abordaba desde una perspectiva histórica, las diferencias fundamentales entre el iPad y la clásica tableta PC, y donde afirmaba: “En unos pocos años, todo el mundo olvidará la percepción dicotómica que existe en el público de que el lápiz está asociado a la tableta PC de MS, mientras que el iPad es un dispositivo táctil”. En ese mismo artículo termina apuntando “Todas las tabletas de nueva generación, incluyendo el iPad, incluirán tanto soporte táctil como para lápiz, y quizás también para reconocimiento de voz u otros. En el iPad, el uso del lápiz comenzará en sectores periféricos (estudiantes, doctores, abogados, cocineros, artistas) y gradualmente se extenderá a otros muchos ámbitos”.



## Capítulo 3

# Estado del arte. Aplicaciones de las TTD en entornos educativos

### 3.1 *Introducción*

En los últimos años, el sector educativo se ha beneficiado de unas inversiones considerables en infraestructuras TIC, tal y como se describe en el informe de la OCDE [51]. Sin embargo, Bransford et al. [26] argumentan que lo realmente importante no es la cantidad de dinero que un país invierte en TIC, sino cómo los profesores adoptan y usan esas tecnologías en el aula. De manera similar, un informe de la Comisión Europea [52] concluye que la introducción de las TIC en la educación requiere cambios en la organización de las clases, los currículos y las prácticas pedagógicas.

Siguiendo el enfoque descrito en la introducción, y dado que el objetivo final de esta tesis es realizar una propuesta metodológica para incorporar las TTD en los procesos formativos, esta revisión de la literatura comienza con la búsqueda de referencias generales que aborden el diseño de experiencias educativas donde se introducen las TIC. A continuación, se pasan a estudiar otros tópicos del campo de *Technology-Enhanced Learning* que guardan una relación más estrecha con el enfoque de esta tesis, tales como: “*Technology-enhanced student-centered learning*”, “*one-to-one computing*”, o “*mobile learning*”. Para conseguir una revisión más completa, estos estudios más bien generales se complementan con otros circunscritos al ámbito específico de las TTD. En particular, se hace un estudio de los casos de uso de las TTD en los distintos niveles educativos, pero haciendo especial énfasis en el ámbito de la educación superior y, más fundamentalmente, en el contexto de titulaciones científicas y tecnológicas. Por último, se revisan algunas propuestas metodológicas de incorporación de las TTD a los entornos de aprendizaje.

### 3.2 *Uso efectivo de las TIC en la enseñanza*

Existen numerosas referencias de cómo diseñar cursos donde se incorporan las TIC, desde trabajos generales a otros mucho más específicos. Con relación a los primeros, Dyrly y

Kinnaman [53] proporcionan directrices para la enseñanza efectiva de la tecnología tanto en grandes grupos, en pequeños grupos o en situaciones de formación individualizada. A partir de un análisis crítico de los usos educativos de los computadores desde la década de 1960, Ehrmann [54] ofrece estrategias para utilizar la tecnología con el fin de mejorar los resultados a gran escala, poniendo el énfasis en los resultados educativos a largo plazo. En un trabajo relacionado, Chickering y Ehrmann [55] [56] describen algunas de las formas más efectivas y pertinentes para poner en práctica los conocidos “*Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education*” [32] y dan ideas de cómo usar la tecnología para: enriquecer y ampliar el contacto entre profesores y estudiantes, la cooperación entre estudiantes, el aprendizaje activo, y la retroalimentación oportuna.

Muchas organizaciones ofrecen recomendaciones para mejorar la enseñanza y el aprendizaje mediante el uso de las TIC. Entre los ejemplos más relevantes se encuentran los siguientes: la *University of Michigan*, que en [57] proporciona un buen número de enlaces interesantes sobre Tecnología Educativa; la *Carnegie Mellon University*, en Pennsylvania, que en su serie de libros blancos titulada “*Teaching with Technology*” [58] aborda, entre otros, temas como: herramientas de colaboración, *Classroom Response Systems*, o la difusión por Internet de las clases (*Lecture Webcasting*); la *Macquarie University* en Australia, que en [59] define diferentes listas de principios a seguir, a modo de *checklists*, en categorías tales como: el diseño curricular con tecnologías, evaluación y retroalimentación con tecnologías, el diseño y desarrollo de recursos didácticos, entre otras cosas. En esta misma línea merece ser mencionada la *EDUCAUSE Learning Initiative* (ELI), por sus famosas series tituladas las “*7 Things You Should Know About...*” [60], que proporciona información concisa sobre temas actuales en el área de las nuevas tecnologías para el aprendizaje, como por ejemplo: *gesture-based computing*, *mobile learning*, *flipped classrooms*, *lecture capture*, *MOOCs* (*Massively Open Online Course*), aprendizaje conectado, espacios de aprendizaje colaborativos, o el nuevo ecosistema de aprendizaje, entre otros muchos.

Partiendo de estas referencias generales, se presentan a continuación trabajos en ámbitos más concretos y que están más directamente relacionados con el trabajo de esta tesis.

### **3.2.1 *Technology-enhanced student-centered learning***

Bajo la denominación “*Technology-enhanced student-centered learning*” se incluyen aquellos enfoques en los que se aborda cómo la tecnología puede mejorar el aprendizaje, en escenarios donde el estudiante es el elemento principal del proceso de enseñanza-aprendizaje. Por ejemplo, Hannafin y Land [61] exploran y analizan de forma crítica la investigación acerca de este tipo de entornos de aprendizaje e identifican sus fundamentos teóricos. Sandholtz et al. resumen en [62] los resultados de diez años de investigación en el marco del proyecto ACOT (*Apple Classrooms of Tomorrow*), iniciado en el año 1985. ACOT fue un proyecto de colaboración entre universidades, escuelas públicas y Apple Computer, Inc. donde, de forma habitual, se

utilizaban las TIC en las clases para, de una forma individualizada, tratar de mejorar el aprendizaje de los niños. Estos mismos autores señalan que “las tecnologías deben ayudar a los profesores a saber dónde están sus alumnos y dónde tienen que ir, a conocer sus necesidades especiales y su nivel de progreso, así como a diseñar las actividades y materiales curriculares más adecuadas para cada uno de ellos”. En este mismo ámbito, otros trabajos [63] [64] investigan los cambios de los profesores respecto a los patrones de uso de la tecnología en este tipo de aproximaciones, así como las distintas creencias sobre la correcta integración de ésta en el aula y los factores que pueden influir en su adopción.

### 3.2.2 *One-to-one computing*

Referido de forma abreviada como “*1:1*”, resulta ser otro tópico de gran importancia en el marco de este trabajo, y describe el hecho de que cada estudiante dispone, en el entorno de aprendizaje, de su propio dispositivo informático, típicamente ordenadores portátiles o *netbooks* y, más recientemente, tabletas o teléfonos móviles inteligentes (*smartphones*). Un informe reciente de la OCDE [65] trata de sistematizar las evidencias más destacadas sobre estos enfoques a partir de sitios web oficiales, evaluaciones de programas y meta-evaluaciones académicas. Entre otras cosas señala que un programa 1:1 típico, proporciona acceso 24 horas al día y siete días a la semana a uno de estos dispositivos, así como software educativo y acceso a Internet a través de la red escolar. Estas iniciativas 1:1 representan un avance cualitativo respecto a experiencias previas de TIC aplicadas en educación. Durante la última década, cada vez más agentes públicos y privados de todo el mundo han apoyado iniciativas 1:1 en distintos niveles educativos. La disminución del coste de los dispositivos, su menor peso y mejora en la autonomía, todo unido a la creciente disponibilidad de conectividad inalámbrica, han sido los principales motores de la rápida expansión de dichas iniciativas y su implementación a gran escala.

En esta línea merece ser destacada la iniciativa conocida como “*One Laptop Per Child*” (*OLPC*) [66], que si bien originalmente se relacionaba a un grupo en el *Media Lab* del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), se convirtió más tarde en una asociación sin ánimo de lucro, cuya misión era desarrollar un mini portátil de 100 dólares. Parece evidente que la producción eficiente de dispositivos TIC ha abierto un nuevo mundo de oportunidades en educación, claramente visibles en países en desarrollo. Algunos ejemplos de estos portátiles más económicos, pensados específicamente para niños y centros escolares, son el ordenador *XO*, diseñado y distribuido por OLPC (Figura 3-1), y los distintos diseños de Intel, conocidos como *Classmate PC* [67]. Ordenadores de ultra bajo coste como éstos incluyen memoria flash en vez de un disco duro interno, pantallas más pequeñas y menos puertos externos. Además ofrecen características de especial interés para los centros de los países en desarrollo [68], como por ejemplo un bajo consumo y un sistema operativo *open source*, como *Fedora Core*.

Las primeras referencias a iniciativas 1:1 se localizan en Estados Unidos a mediados de los años 90 [69]. El estado de Maine fue uno de los primeros en equipar a cada estudiante de los grados 7º y 8º, y a cada profesor de los grados del 7º al 12º, de todo el estado, proporcionándoles un acceso personal a estas tecnologías [70]. De acuerdo con un estudio de Zucker [71], en 2004, los objetivos habituales en las primeras iniciativas de este tipo eran: mejorar el rendimiento académico con el uso de la tecnología; conseguir una mayor equidad en el acceso a los recursos digitales, reduciendo así la brecha digital; aumentar la competitividad económica de la región donde se llevan a cabo las iniciativas, gracias a una preparación más efectiva de sus estudiantes para unos puestos de trabajo saturados de tecnología y, por último, generar una transformación en la calidad de la formación, buscando específicamente hacer una enseñanza más "centrada en el estudiante", es decir, más diferenciada y exigente en habilidades de pensamiento de orden superior (HOTS: *Higher-Order Thinking Skills*).



**Figura 3-1: Iniciativa OLPC. Izda: Dispositivo “The Green OLPC XO”; Dcha: Ejemplo de uso en el aula.**

En 2006, Penuel [72] realiza una revisión de las distintas iniciativas 1:1 llevadas a cabo hasta esa fecha, así como del impacto de las mismas desde el punto de vista del aprendizaje. En dicha investigación concluye que los factores relacionados con una implementación exitosa de este tipo de estrategias son: el desarrollo profesional de los profesores, la disponibilidad de un soporte técnico adecuado, y unas actitudes positivas de los instructores hacia el uso de la tecnología por parte de los estudiantes. Por otro lado añade que, “aunque son difíciles de realizar, se necesitan estudios experimentales o cuasi-experimentales para poder contar con evidencias más fiables que garanticen las inversiones en este tipo de iniciativas 1:1”. En esta misma línea, tan solo cuatro años más tarde, Bebell y O’Dwyer [73], en un número monográfico sobre resultados académicos e investigación en escenarios 1:1, afirmaban lo siguiente: "En los últimos años, hemos visto un interés creciente en llevar a cabo iniciativas del tipo 1:1 en las escuelas. Sin embargo, los educadores y los responsables políticos que desean apostar por este tipo de iniciativas, como medio para mejorar los resultados académicos, disponen de pocas evidencias empíricas en las que basar sus decisiones”. Esta falta de evidencias, junto con el hecho de que la popularidad de estos enfoques esté creciendo rápidamente en los diferentes niveles educativos, quizás justifique la aparición de algunos estudios que señalan la preocupación de los docentes en la adopción de este tipo de estrategias [74].

### 3.2.3 *Mobile learning*

El “*mobile learning*” (aprendizaje móvil) o, en forma abreviada, conocido también como “*m-learning*”, es otro tema de gran interés y muy relacionado con el anterior. Según Winters [75], puede verse como cualquier forma de aprendizaje que sucede gracias a la mediación de tecnologías móviles. En este caso, en lugar de los típicos computadores personales de sobremesa, se buscan dispositivos más ligeros y con capacidades de conexión inalámbrica a la red, que permitan la movilidad y faciliten el “aprendizaje social”, ya que pueden ser utilizados en cualquier momento y en cualquier lugar. Ejemplos de este tipo de dispositivos son los ordenadores portátiles, las *Personal Digital Assistants* (PDAs), los *Classroom Response Systems* (CRS), las videoconsolas portátiles (tipo PSP), los *smartphones* y, por supuesto, los dispositivos sobre los que centraremos nuestro estudio, las tabletas, en sus diferentes tipos. Ally [76] describe el marco teórico y los principios de diseño instructivo para la correcta utilización de este tipo de dispositivos móviles en entornos de aprendizaje. A. y J. Herrington presentan en [77] una descripción del cambio en las bases filosóficas y teóricas de las dimensiones del aprendizaje, así como en los desarrollos prácticos de la educación en las dos últimas décadas. Además argumentan que esta nueva realidad requiere unos cambios muy marcados en los entornos de aprendizaje a diseñar. En la Tabla 3-1 los autores resumen los cambios detectados en las distintas dimensiones del aprendizaje (traducción libre). Argumentan además que dichos cambios han creado las condiciones que justifican el uso pedagógico de las tecnologías móviles de cara a ofrecer un aprendizaje “auténtico”.

Sharpley et al. [78] identificaron un cambio paralelo en el uso de tecnologías emergentes que reflejan este movimiento generalizado, cuando esas tecnologías se convierten en personales, centradas en el usuario, móviles, en red, ubicuas y duraderas.

D. y N. Churchill [79] exploraron las posibilidades educativas de las PDA, señalando las siguientes como las más importantes: acceso a información multimedia, conectividad, captura de información multimedia, representación de conocimiento e ideas, y análisis.

Moss y Crowley [80] estudiaron la utilidad de los CRS en la enseñanza de la ciencia en distintos niveles educativos, y concluyeron que dichos sistemas han demostrado ser altamente flexibles y adaptables a una amplia gama de estilos de aprendizaje. También apuntan que su uso en el ámbito educativo está limitado solo por la imaginación del profesor, y subrayan la conveniencia de ir más allá de las típicas preguntas de opción múltiple, explotando toda la gama de tipos de preguntas que este tipo de dispositivos suele ofrecer (verdadero/falso, numéricas, escala de valoración, rellenar huecos, respuesta corta de texto específica, etc.).

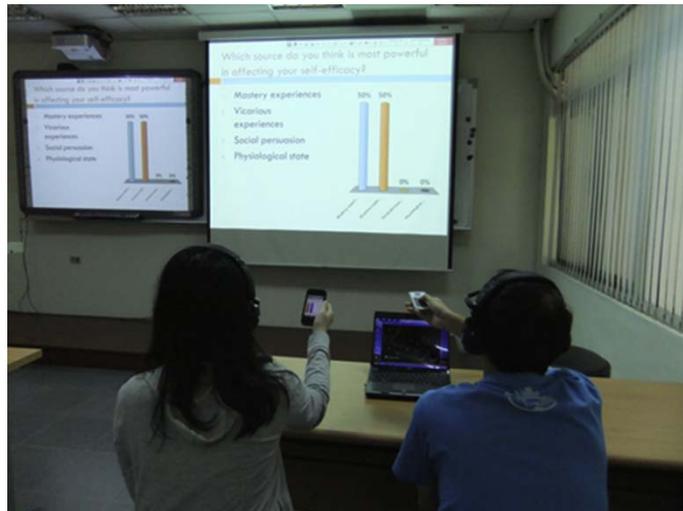
Tabla 3-1: Tabla de cambios en las dimensiones del aprendizaje, según A. y J. Herrington

Dimensión	Moviendo desde	Moviendo hacia
Filosofía	Instructivista	Constructivista
Teoría	Conductista, cognitivista	Situada, socio-constructivista, andragógica
Diseño del curso	Ámbito acotado y secuencial	Entorno de aprendizaje abierto y contenidos flexibles
Tiempo y lugar	Fijo y en instituciones educativas	Distribuido, para adaptarse a los contextos de los alumnos
Base de conocimiento	Conocimiento “objetivo”, en gran medida determinado por expertos	Conocimiento construido y compartido entre la comunidad
Tareas	Descontextualizadas, concisas, auto-contenidas	Auténticas, reflexivas, complejas y prolongadas en el tiempo
Recursos	Fijos, escogidos por los profesores	Abiertos, escogidos por los estudiantes con acceso a herramientas de búsqueda
Apoyo	Profesor	Comunidad de aprendizaje
Modo	Individual, competitivo	Colaborativo, en red
Herramientas tecnológicas	Fijas, localizadas en espacios de aprendizaje	Móviles, portátiles, ubicuas, disponibles
Logros de aprendizaje	Hechos, habilidades, información	Comprensión de conceptos, aprendizaje de nivel superior
Productos	Ensayos académicos, ejercicios, o productos no tangibles	Artefactos auténticos y productos digitales
Evaluación	Pruebas estandarizadas, exámenes	Basada en el rendimiento, integrada y evaluación auténtica
Transferencia del conocimiento	Conocimiento estable adaptado a diferentes contextos	Conocimiento nuevo y cambiante, adquirido cuando se necesita
Aprendizaje profesional	Cursos, eventos grupales, talleres	Personal, <i>just-in-time</i> , basado en la comunidad

Cochrane y Bateman, en 2009, apoyados en cuatro años de investigación e implementación de proyectos de *m-learning* en distintos cursos universitarios de Nueva Zelanda, resumen en [81] las posibilidades de los *smartphones* para facilitar enfoques pedagógicos constructivistas y, al mismo tiempo, conseguir una mayor implicación de los estudiantes en su aprendizaje. Destacan la posibilidad de capturar información multimedia y compartirla mediante *streaming* (*podcasts* y *vodcasts*), o bien incorporarla en cuadernos de trabajo, presentaciones o e-portafolios; la utilización del *GPS* para la geolocalización o el geoetiquetado de información; el uso de herramientas de comunicación para facilitar la colaboración (*microblogging*, mensajería de texto, redes sociales); o la posibilidad de escanear códigos *QR* para lo que se denomina “*situated learning*”, entre otras.

En un estudio muy reciente donde se comparan distintas tecnologías para realizar sondeos (*polling*) en clase, Sun [82] señala que, aunque los estudiantes no consideran una novedad el uso de los móviles, su incorporación en el aula sigue siendo una forma potencial de aumentar la atención de los estudiantes. Adicionalmente permiten a los instructores

observar los efectos que tienen las clases en el aprendizaje y así, poder mejorar los enfoques pedagógicos. Al compararlos con los CRS, afirman que el potencial de éstos es limitado. Estas conclusiones se apoyan en una serie de experimentos bastante sofisticados donde, además de los típicos cuestionarios, capturan información de la actividad bioeléctrica cerebral de los estudiantes, durante las distintas partes de la sesión, mediante la utilización de una especie de auriculares, tal y como muestra la Figura 3-2. Los datos de los electroencefalogramas (EEG) se combinan con los resultados de los cuestionarios con el fin de analizar la efectividad del aprendizaje de los alumnos durante las distintas partes de la sesión, y relacionarlos con sus niveles de atención, relajación o ansiedad.



**Figura 3-2:** Estudiantes con los “auriculares” de ondas cerebrales (*brainwave headphones*).

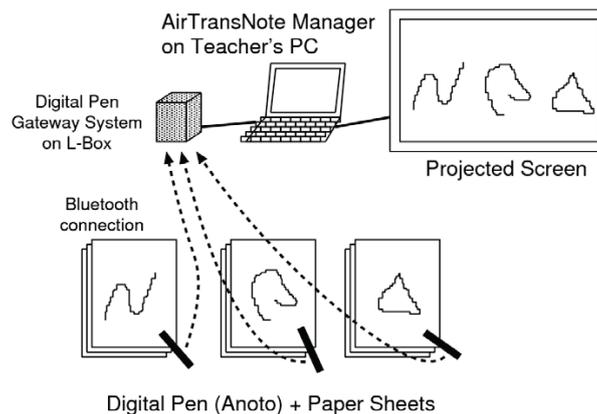
Después de hacer una revisión de la literatura en distintos tópicos estrechamente relacionados con la temática de esta tesis, pasamos a estudiar el estado del arte de las aplicaciones de las TTD en los distintos niveles educativos. Para ello comenzaremos con casos de uso de dispositivos que incorporan la tinta digital, como tabletas gráficas, bolígrafos, o pizarras interactivas para finalmente, centrarnos en ejemplos con tabletas PC (TPC), que son los que tienen una mayor relevancia para este trabajo de investigación. Se describirán algunos ejemplos representativos de su aplicación en los niveles educativos de primaria (conocidos en el ámbito anglosajón como *K-12*) y secundaria, para a continuación focalizar nuestro interés en el ámbito de la educación superior. Además de presentar brevemente las distintas actuaciones, resulta de especial importancia conocer su impacto en los procesos de aprendizaje.

### **3.3 Aplicaciones de las TTD en entornos educativos**

Cooper y Brna [83] describen el desarrollo de una aplicación denominada “*T’rrific Tales*” que unida al uso de pantallas interactivas de 50” y tabletas gráficas (Wacom PL-300), contribuyen a fomentar las capacidades lectoras y la escritura creativa, en las clases de infantil (niños de 5 y 6

años). Gracias a la utilización de estos dispositivos, los niños son capaces de crear conjuntamente y compartir historias estilo dibujos animados, incorporando imágenes, audio y textos.

Sugihara et al. [84] refieren la utilización de la tecnología *Anoto Digital Pen* citada anteriormente, para aumentar la interactividad en una clase de enseñanza primaria en Japón, con alumnos de 6-7 años. En esta experiencia, cada niño dispone de un lápiz digital con el que realizan una serie de ejercicios de aritmética, japonés y conocimiento del medio, anotando las respuestas en un papel digital, propio del sistema, que incluye un patrón de puntos especialmente diseñado para proporcionar información sobre el posicionamiento. Una vez completados los ejercicios, el alumno toca con el lápiz una parte concreta del papel digital para enviar su respuesta al profesor, vía Bluetooth (Figura 3-3). Entonces, el profesor puede ir previsualizando las distintas contribuciones recibidas en su computador, antes de proyectar la que considere más adecuada. Esta novedosa actuación resulta especialmente interesante por lo parecido del enfoque con otras propuestas usando TPC con aplicaciones del tipo “presentación y colaboración” (descritas en el apartado 2.4.4), como se verá más adelante.



**Figura 3-3:** Esquema general del sistema *AirTransNote*.

También basado en la tecnología Anoto anterior, Lee et al. [85] describen el sistema *Newton's Pen*, un tutor inteligente de estática, subdisciplina de la mecánica, diseñado para el lápiz digital (*pen-top computer*) *FLY*, del fabricante *LeapFrog Enterprises Inc.*, que incorpora unas hojas de trabajo diseñadas especialmente, así como el correspondiente software. Este software está almacenado en un cartucho de memoria flash y se ejecuta en el procesador empotrado en el lápiz. Así, los estudiantes cuando abordan cualquiera de las actividades planteadas en el tutorial, han de dibujar con el lápiz, sobre las hojas de trabajo, tanto los diagramas de fuerzas como las correspondientes ecuaciones, tal y como muestra la Figura 3-4. Una particularidad del sistema es que, tras el dibujo de cada elemento gráfico, el sistema interpreta los resultados y proporciona realimentación mediante un sintetizador de audio.

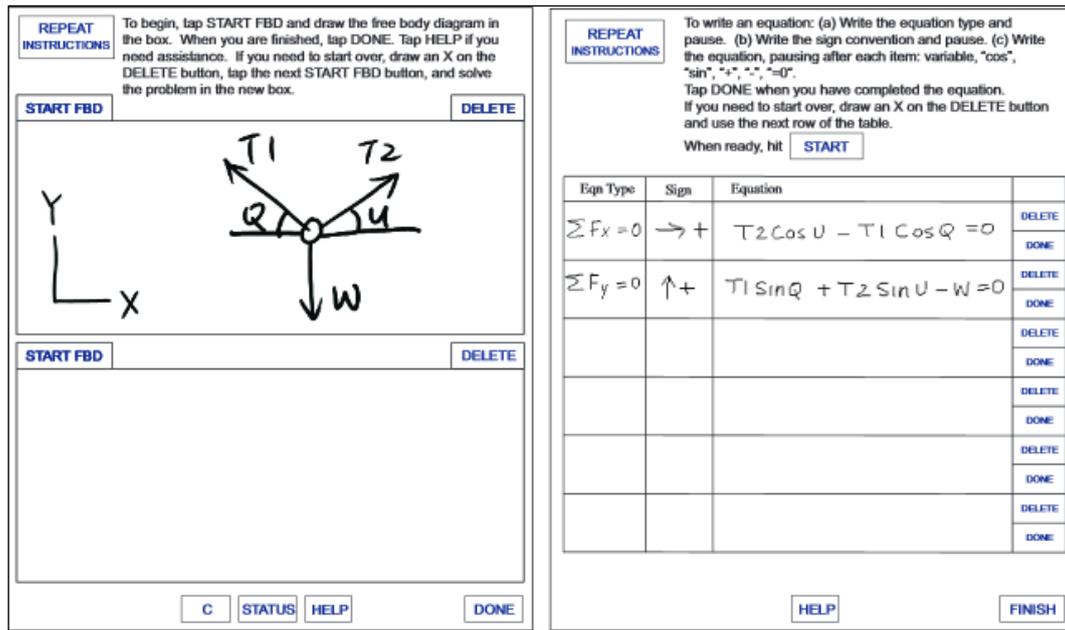


Figura 3-4: Ejemplo de hojas de trabajo del sistema Newton's Pen.

En los últimos años, uno de los dispositivos de tinta digital más ampliamente usados en las aulas es, sin duda, la pizarra interactiva (IWB), principalmente en los niveles educativos iniciales. Entre sus típicas aplicaciones se pueden citar: la utilización de recursos accesibles a través de Internet, la demostración de una aplicación software, la presentación de trabajos de los estudiantes al resto de la clase, la creación de *flipcharts* digitales (imitando los típicos pizarrones blancos montados en un caballete, y sobre los que se fija un bloc de papel grande), la manipulación de textos, la práctica de la escritura manuscrita, la toma de notas sobre la pizarra para su posterior almacenamiento, y la posibilidad de revisión, entre otras muchas. El objetivo general es, por tanto, facilitar el acceso a recursos digitales para beneficio de toda la clase, mientras se preserva el papel del profesor en cuanto a guiar y monitorizar los aprendizajes [86]. Una investigación llevada a cabo por el gobierno británico [87], entre los años 2004 y 2006, para evaluar el impacto de las IWB en niños de escuelas de primaria en Inglaterra, de entre 7 y 11 años, mostró avances positivos en lectura y escritura, matemáticas y ciencias, y estos progresos estaban en relación directa con la cantidad de tiempo que se les había enseñado con estos dispositivos. En este mismo trabajo los autores señalan que el uso de estas pizarras se introduce en la pedagogía como un elemento de mediación, que favorece las interacciones con sus alumnos, así como las interacciones de los alumnos entre sí, y esto da visibilidad a los cambios en la práctica pedagógica.

Sin embargo, también se encuentran en la literatura detractores de estos dispositivos. Por ejemplo, Ferriter recoge en [88] la opinión de expertos que afirman que, sin una formación específica a los profesores y una experiencia de uso prolongada, las IWB se convierten rápidamente en unos simples proyectores muy caros. Yendo un poco más lejos, se atreve a argumentar que, incluso con tiempo y entrenamiento, las IWB no son recomendables, pues no

hacen más que reforzar un modelo tradicional de enseñanza centrado en el profesor, en lugar de promover el descubrimiento independiente de los estudiantes, y el trabajo colaborativo, tal y como se comentaba en la sección 3.2.1. En su opinión, en las mejores clases los estudiantes participan conjuntamente en la creación de conocimiento, mientras que los profesores han de estar siempre presentes para guiar y facilitar su aprendizaje.

De acuerdo con un informe realizado en el año 2005 en Singapur [89], uno de los países más competitivos en educación, tal y como indica su segundo puesto en el último informe *Pisa* de 2012 [90], la tecnología móvil que mejor puede apoyar los enfoques 1:1 es la de las tabletas PC. La razón de esta afirmación se fundamenta en que, si bien sus características físicas y sus prestaciones son similares a la de los típicos portátiles, estos dispositivos incorporan, como elemento de la interfaz de usuario, un lápiz (*pen*) especial que permite a los usuarios realizar todo tipo de trazos, directamente sobre la pantalla del dispositivo. En la misma línea, otros autores subrayan otras ventajas de estos dispositivos frente a los portátiles convencionales, además de una escritura más fácil. Por ejemplo, Leeson [91] afirma que aunque las pantallas de los TPC suelen ser más pequeñas, leer en estos dispositivos es más eficiente y casi comparable a hacerlo sobre papel, ya que los usuarios, cuando lo utilizan en modo tableta, pueden mantenerlo más cerca de ellos, como si fuera un libro. Willis y Miertschin [92] señalan que una TPC es un dispositivo más “discreto” que un portátil, ya que no tiene que estar abierto delante del usuario, lo que dificulta el contacto visual directo y, por otro lado, al utilizar el lápiz, no produce sonidos de teclado que pudieran llegar a ser disruptivos.

Un informe de la *Open University* publicado en 2005 [93], analiza de forma exhaustiva la utilización de las TPC en 12 escuelas de primaria y secundaria en Inglaterra. Entre sus principales conclusiones destacan que: en todas las escuelas las TPC tuvieron un impacto positivo significativo en la motivación; permitieron mejorar el aprendizaje, aunque la mayoría manifestó que era demasiado pronto para que esta mejoría se reflejara en medidas estándar de rendimiento académico; contribuyeron a un estudio más independiente y facilitaron el trabajo colaborativo de los estudiantes. En el mismo informe se subraya que existe un acuerdo generalizado que el uso de una TPC con conexión inalámbrica, junto con un proyector multimedia, es una solución mejor y económicamente más rentable que un sistema más convencional, formado por portátil, un proyector y una pizarra interactiva.

Dundar y Akcayir [94] realizaron un estudio en alumnos de 5º de primaria para examinar las diferencias en cuanto al desempeño en la lectura, velocidad y nivel de comprensión, al usar TPC en comparación a los típicos textos impresos. En este estudio concluyen que no se detectan diferencias significativas entre los dos grupos, en ninguna de las dos variables. Además, comentan que la opinión de los estudiantes sobre el uso de las TPC es significativamente positiva.

Siozos et al. [95] en un trabajo que forma parte de un proyecto más ambicioso que aborda la incorporación de las TIC en la enseñanza secundaria en Grecia ("*Future Classroom*"), describen las ventajas de una aplicación ("*MyTest*") basada en TPC que explota la tinta digital para facilitar la evaluación y donde, tanto los propios estudiantes como sus profesores, han participado en el diseño de la misma. En concreto, los autores subrayan cómo la tecnología de TPC supone una evolución más que una revolución ya que, tanto al profesor como al estudiante, les supone una transferencia sencilla desde las prácticas de evaluación tradicional en soporte papel, tal y como se aprecia en la Figura 3-5.

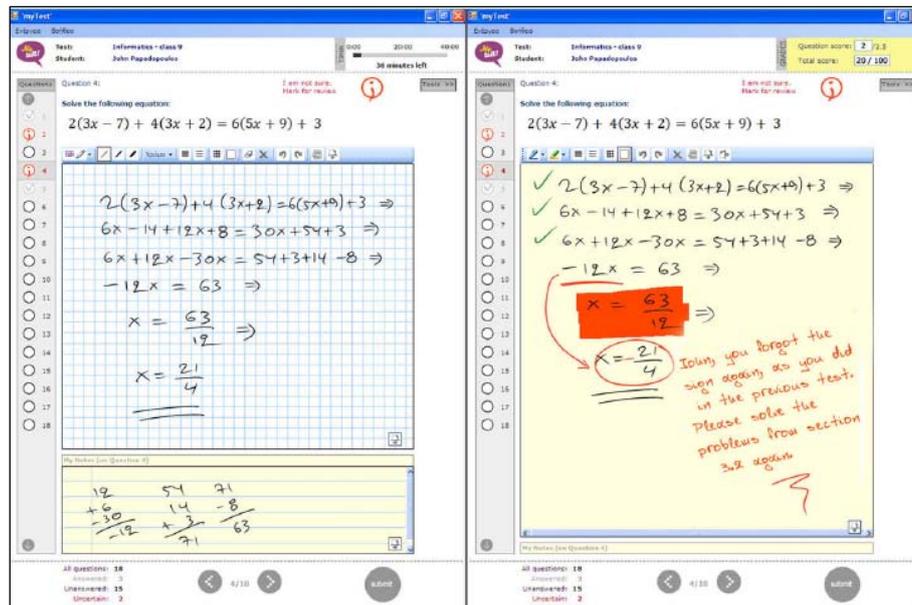


Figura 3-5: Capturas de la aplicación MyTest. Izda: Vistas del estudiante; Dcha: Vista del profesor

Hubbard [96] describe el caso de la *Cary Academy*, una escuela preparatoria de Carolina del Norte que ha estado asignando TPC a sus estudiantes desde 2006, y que cuenta con un programa que se dedica a ayudar a otras escuelas de secundaria a lanzar programas 1:1 con TPC, incluyendo una lista de buenas prácticas que ayuden a mejorar las experiencias de aprendizaje.

En nuestro país, merecen ser citadas algunas experiencias de uso de tabletas en educación primaria, como es el caso del centro rural agrupado de Ariño-Alloza, en Teruel [97][98] que, arrancando en 2003, fue el primero, y ha servido de punta de lanza para extenderlas por otros muchos lugares. Un estudio muy interesante, publicado en 2011, analiza el uso de las TPC en los cursos 5º y 6º de primaria, en más de un centenar de escuelas públicas y concertadas de la comunidad de Aragón [99]. La investigación aborda también la influencia que tienen las desigualdades socioeducativas en el impacto del uso de las TPC en el aprendizaje de los estudiantes. Entre sus conclusiones destacan que el uso individual de las TPC en las escuelas de primaria es una estrategia que contribuye a la reducción de las desigualdades socioeducativas entre los alumnos, en términos de género, lugar de nacimiento y nivel de estudios de la madre. Asimismo señalan que los estudiantes con los peores registros académicos son aquellos cuyos

resultados mejoran más, en comparación con el resto de sus compañeros de clase, de forma que el uso de las TPC se convierte en una herramienta eficaz, para proporcionar mayor atención a alumnos con dificultades en la escuela. También cabe mencionar las actuaciones recientes que se están desarrollando en la última etapa de primaria y toda la secundaria, en un colegio de Benaguasil, donde se han eliminado por completo los libros de texto tradicionales y se está implementando un enfoque 1:1 con tabletas *Android* de 9,7", que incorporan una interfaz personalizada para facilitar el acceso a los materiales de las distintas asignaturas, aplicaciones, recursos, calendario, etc., tal y como se muestra en la Figura 3-6.



Figura 3-6: Pantalla principal de la tableta *Papyre pad 972*.

A continuación, se pasa a describir con mayor profundidad casos de uso de las TPC en el ámbito universitario, con especial atención a los estudios de ingeniería, por ser el más directamente relacionado con el trabajo de esta tesis.

### 3.4 Casos de uso de las TTD en la educación superior

Las primeras referencias de uso de las TPC en educación superior con participación generalizada de profesores y estudiantes, se localizan en EEUU, en el marco de un programa denominado "*Rapid Adoption Program*", promovido por *Microsoft* en la segunda mitad de 2002. Tres universidades: *Bentley College* (en Waltham, Massachusetts), *MIT*, y la Universidad de Texas, en Austin, fueron elegidas para participar en dicho programa. Las conclusiones del proyecto piloto inicial de *Bentley College* [100], terminado en mayo de 2003, indican una acogida muy positiva al uso de las TPC, destacando la facilidad para el intercambio de ideas y datos en el aula, por lo que se acordó ampliar el proyecto hasta julio de 2004. El *MIT* [101] utilizó las TPC durante su participación en el "*International Design Competition*", un evento intensivo de dos semanas de duración, que reúne a estudiantes de ingeniería de 7 de las universidades más prestigiosas para diseñar, construir y competir con sus robots. Los participantes del *MIT* emplearon las TPC, conectadas a través de redes inalámbricas, para escribir ecuaciones matemáticas, así como para esbozar, modificar y compartir sus diseños

fácilmente. Este enfoque supuso una mejora significativa sobre las soluciones utilizadas anteriormente (basadas en papel o en portátiles convencionales con sistemas CAD). Los participantes en la prueba piloto de la Universidad de Texas [102] eran estudiantes de la Escuela de Arquitectura, que utilizaron las TPC en cuatro asignaturas. En una de ellas las usaron para recoger datos de campo, mientras que en las otras les sirvieron para tomar notas en clase, y para trabajar con aplicaciones de diseño y dibujo. Los participantes en las experiencias señalaron que el bolígrafo de la TPC les permitió una interacción más natural con el software, así como una mayor movilidad y creatividad. Sin embargo, también apuntaron que el bolígrafo carecía de la sensibilidad a la presión necesaria en una herramienta de dibujo.

Algunas instituciones, como la anteriormente citada *Bentley College* o la *Virginia Polytechnic Institute and State University* (también conocida como *Virginia Tech*), establecieron como requisito de ingreso para todos los estudiantes de ingeniería que accedían a primer curso, la adquisición de una TPC con unas determinadas especificaciones técnicas. Este hecho lo justificaron en que había que cambiar la forma de enseñanza en las ingenierías, desde los niveles introductorios. De hecho, *Virginia Tech* se considera una de las primeras escuelas de ingeniería en establecer dicho requisito en 2006 [103]. De modo similar, la *University of Ontario Institute of Technology* (UOIT) fue la primera universidad canadiense en adoptar de forma generalizada las TPC, que se usan desde 2004 en sus dos facultades más numerosas, Ciencias e Ingeniería, para, entre otras cosas, dar respuesta a los requerimientos que ambas tenían de utilizar notaciones científicas en sus clases [104].

Existe un buen número de trabajos en el ámbito de la educación superior que describen el uso de TPC, usualmente conectados en red, con las correspondientes herramientas software, del estilo de las presentadas con anterioridad, para compartir información en tiempo real entre el profesor y los estudiantes. En un estudio reciente, McKenzie and Franke [105] revisaron 144 trabajos sobre aplicaciones de las TPC en educación y señalaron que, en el nivel universitario, alrededor de un 45% estaban relacionados con disciplinas informáticas. Entre los trabajos analizados, algunos plantean investigaciones interdisciplinarias [28] [106], mientras que otros están focalizados en asignaturas concretas, tales como Introducción a la Informática (CS1) [107], Programación [108], Ingeniería del Software [109], Estructuras de Datos [110], Teoría de Computadores [111], Arquitectura de Computadores [112], y Sistemas Operativos [113], entre otras.

También existen bastantes trabajos que describen experiencias de aplicación de las TPC en cursos bien distintos, relacionados con el campo de la Electrónica. Algunos de estos trabajos se han centrado en asignaturas introductorias tales como Circuitos Eléctricos [114] [115], Fundamentos de Ingeniería Eléctrica e Informática [116], o Electrónica Analógica [117], mientras que otros se han aplicado a asignaturas más especializadas, como las dedicadas al Procesado Digital de Señal [118], o al Diseño de Circuitos Integrados [119], por ejemplo.

En general, las TPC son especialmente útiles en asignaturas de titulaciones de ingeniería o de ciencias, que suelen utilizar figuras, diagramas y resolución de problemas matemáticos. Por tanto, son numerosos también los casos de uso de las TPC en la enseñanza de Matemáticas [120] [121], Física [122] [123], Química [124][125][126], o Biología [127]. Del mismo modo encontramos ejemplos de aplicación en cursos de Construcción [128], Arquitectura [100], Agronomía [129], o Ingeniería de Alimentos [129].

Si bien es menos frecuente, también se encuentran casos de uso de las TPC en la enseñanza de lenguas, como el trabajo de Savas [131] para la enseñanza del inglés como lengua extranjera, el de Reinhard [132] para la enseñanza de lenguas clásicas como el latín y el griego, o los trabajos de Yamasaki e Inami [133], Itoh [134] o Tael y Hammond [135], que introducen las TPC con el fin de ayudar en el aprendizaje de la escritura de las lenguas orientales.

Numerosos trabajos analizan el impacto de estas actuaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Richard Anderson, autor de la herramienta *Classroom Presenter* introducida en la sección 2.4.4, señala en uno de sus trabajos iniciales [28] que, gracias a la incorporación de las TPC, los estudiantes prestan más atención, entienden mejor el material, y sostienen que les gustaría que más profesores utilizaran las TPC en otros cursos. Otros trabajos [136][137] refuerzan la hipótesis de que los estudiantes consideran estas tecnologías beneficiosas para su aprendizaje. Respecto a la opinión de los profesores al respecto, Weitz [29] afirma que el 90 por ciento de los profesores que utilizan las TPC en sus aulas, creen que supone un valor añadido en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Enriquez [30] matiza la afirmación anterior, al postular que la introducción de las TPC en el aula produce un efecto positivo en el aprendizaje cuando el profesor y los estudiantes trabajan con equipos interconectados, y se apoyan en un software de colaboración.

Bilén et al. [138] van un poco más allá al abordar el desarrollo de un modelo integrado para evaluar el aprendizaje de los alumnos usando Tablet PC en función de las características tecnológicas de los equipos, el tipo de actividades propuestas y el tipo de relaciones sociales dentro de un grupo. En esa misma dirección, un informe del MIT [139], de 2006, proporciona un nuevo paradigma para evaluar el impacto de las TPC en el aprendizaje. Se trata de un método que no se basa exclusivamente en el seguimiento del rendimiento académico, sino que evalúa los resultados a la luz de los diferentes estilos de aprendizaje y preferencias de los alumnos, modelos de enseñanza, y herramientas software, entre otros factores.

Como se acaba de exponer, existe una extensa literatura describiendo casos de uso de cursos usando TPC en los diferentes niveles educativos y evaluando su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, resulta bastante más difícil encontrar contribuciones de cómo ayudar a los profesores en el diseño de este tipo de actuaciones. La siguiente sección

revisa algunas iniciativas destinadas a orientar estos procesos, que incluyen estrategias para una adecuada introducción de las tecnologías.

### **3.5 Revisión de propuestas orientadoras en el uso de las TTD**

Hammond y Mock [141] proporcionan algunas ideas prácticas de cómo incorporar TPC no conectadas en red en el aula. Su esfuerzo se centra en cómo realizar presentaciones y en la adaptación de los materiales instructivos a esta tecnología. Norris y Soloway [142] presentan el desarrollo de un marco de formación integral, como un conjunto coherente de estrategias que ayude a los profesores, coordinadores de títulos y responsables de TIC a integrar la tecnología de TPC con los currículos en vigor. Evans [143] va algo más allá y da ideas para desarrollar un mapa de ruta como el único camino para conseguir una implantación exitosa de la tecnología de TPC. Este mapa de ruta debería articular primero los objetivos del proyecto; a continuación, debería identificar los pasos necesarios y los factores críticos requeridos en la implementación del proyecto y, por último, el plan de trabajo debería ayudar a todos los participantes a entender las decisiones tomadas antes de que se ponga en marcha. Las iniciativas anteriores permiten abordar las cuestiones generales sobre la implantación de experiencias de TPC, pero no proporcionan directrices finales a los profesores.

Otros trabajos se centran más en el apoyo a los docentes para diseñar cursos con TPC. Tront [144] describe el programa implementado en el *Virginia Tech College of Engineering*, desde el otoño de 2006, para facilitar las mejores prácticas pedagógicas que puedan suponer una mejora de aprendizaje. Entre otras muchas cosas, presenta algunas ideas y herramientas software para transformar el estilo de enseñanza, así como los materiales de instrucción correspondiente. Wolfman [145] explora el potencial de la tecnología de TPC para hacer frente a las necesidades de los instructores en la enseñanza de nivel universitario. En primer lugar describe los problemas más importantes que, en su opinión, deben afrontar los docentes con esta transformación (la participación de los estudiantes, la gestión del tiempo, la comprensión y adopción de nuevas perspectivas pedagógicas, la gestión de los grandes grupos). A continuación, describe las características tecnológicas que ofrece la TPC para hacer frente a estos problemas (crear anotaciones, colaborar a través de los dispositivos móviles conectados en red, la expresión personal, la posibilidad de almacenar los archivos generados...).

Si bien todos los trabajos previos ciertamente dan ideas para adaptar un modelo de enseñanza a la tecnología de TPC, en lo que conocemos, no ha habido enfoques metodológicos para orientar estos procesos. En este trabajo se introduce un nuevo enfoque para modelizar tanto el dominio de enseñanza aprendizaje como el dominio tecnológico de las TPC, con el objetivo de apoyar a los instructores en el diseño de cursos basados en esta tecnología.

### **3.6 Posibilidades formativas de las tecnologías de tinta digital**

A modo de resumen del capítulo, en esta sección se sintetizan las posibilidades formativas que esta tecnología ofrece.

La versatilidad de las TPC 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 TPC permite a los alumnos, entre otras cosas:

- Usar la tinta digital para tomar notas o realizar marcas sobre la documentación original durante la presentación.
- Escribir o esbozar gráficamente ideas con total libertad.
- Participar activamente y de forma anónima contestando a las preguntas planteadas por el profesor.
- Recibir realimentación inmediata, por parte del profesor, sobre el trabajo realizado.
- Repasar el material generado en clase por el profesor, que incluye las correspondientes anotaciones.

Por otro lado, este tipo de entornos permite a los profesores:

- Utilizar el lápiz para subrayar conceptos sobre la presentación y añadir cuantas cosas considere de interés, con la ventaja que puede almacenarse en formato electrónico y después, ser publicado.
- Seleccionar, de entre las contribuciones recibidas, aquéllas 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.
- Plantear preguntas cortas a los estudiantes, a modo de sondeo, obteniendo una idea cuantitativa del nivel de comprensión alcanzado.
- Realizar tutorías a distancia y poder escribir sobre una pizarra electrónica común.
- Revisar cualquier tarea o examen mediante la tinta digital y poder devolverlo al alumno, tan pronto como se haya completado.

Las posibilidades aquí enumeradas serán utilizadas en la propuesta metodológica que se aborda en este trabajo de investigación.

---

### **3.7 Conclusiones**

Como se ha visto a lo largo del capítulo, numerosos estudios en el ámbito de la educación superior han demostrado que el uso de las TPC conectadas en red para compartir información en tiempo real entre el profesor y los estudiantes, junto con las aplicaciones correspondientes, permiten mejorar los logros de aprendizaje de los estudiantes, en áreas de conocimiento muy diversas. Sin embargo, autores de reconocido prestigio como Larry Cuban, profesor emérito de la universidad de Stanford, apunta que estas tecnologías no llegan a alcanzar esos objetivos tan ambiciosos que los pioneros de las mismas preconizaban para el corto plazo [146]. La justificación a esta cierta decepción puede estar relacionada con la falta de una aproximación metodológica para integrar las mismas en el entorno de aprendizaje, de modo que contribuya en mayor grado a la consecución de los objetivos de aprendizaje planteados



# Capítulo 4

## Propuesta metodológica

### 4.1 *Introducción*

Después de introducir la motivación para realizar la presente tesis doctoral, describir las TTD, tanto desde el punto de vista de los dispositivos como del software que explota su potencialidad, y revisar ejemplos de aplicación de estas tecnologías en el ámbito educativo, este capítulo se centra en las contribuciones propias y, por tanto, aborda el objetivo principal de la presente tesis. Se trata de desarrollar una propuesta metodológica que, partiendo de un determinado modelo instructivo, guíe a los docentes en la integración de las TTD, de una forma sistemática y efectiva. Este último aspecto se determinará mediante la evaluación de nuestra propuesta, que será el objeto del capítulo siguiente.

Para facilitar el proceso de desarrollo de la propuesta, este capítulo repasa primero el concepto de diseño instructivo. A continuación presenta el modelo ADDIE [147][148], uno de los modelos de diseño instructivo más utilizados, y que ha servido de referencia en nuestra propuesta.

Del análisis de la problemática de diferentes asignaturas de titulaciones de ingeniería informática, y tomando en consideración las posibilidades instructivas de las TTD, tanto desde el punto de vista del profesor como del alumno, se formula una **propuesta inicial** que será ensayada en los primeros casos de estudio de esta investigación. Para conseguir una generalización de la propuesta que pueda adaptarse fácilmente a los requerimientos formativos de un contexto concreto, surge la necesidad de modelizar estos entornos. Con este propósito se introduce una segunda propuesta metodológica basada en la utilización de **mapas conceptuales**. Estos mapas serán los instrumentos que nos permitirán representar tanto el dominio instructivo objeto de la actuación, como el dominio tecnológico que se pretende incorporar. El análisis combinado de ambos dominios, favorecerá la consecución de los objetivos planteados. De esta forma, nuestra propuesta consigue avanzar en la generación de guías de uso de las TTD en contextos educativos particulares. Por último, y con el fin de dotar a los instructores de una ayuda más específica con la que poder abordar la integración de las TTD, en los distintos contextos formativos, se propone una serie de **patrones de diseño** que plantean soluciones a los

problemas habituales en estos entornos, mediante ejemplos concretos de uso de estas tecnologías.

#### 4.1.1 Diseño instruccivo

El **Diseño Instructivo** (DI) [149] [150], también conocido como Diseño de Sistemas Instructivos, es un proceso fundamentado en las teorías de la enseñanza y del aprendizaje [151], por el que la formación se mejora a través del análisis de las necesidades de aprendizaje y el desarrollo sistemático de los correspondientes materiales y actividades de aprendizaje. Los diseñadores de sistemas instructivos proponen con frecuencia el uso de las TIC como herramientas para mejorar los procesos formativos. El DI busca maximizar la comprensión, uso y aplicación de la información, a través de estructuras sistemáticas, metodológicas y pedagógicas. Una vez diseñada la instrucción, ésta debe probarse, evaluarse y revisarse, para así poder atender de forma efectiva las necesidades particulares del individuo.

Merril et al. [152] definen el DI como “la práctica de crear experiencias formativas que hacen la adquisición de conocimientos y habilidades más eficaz, eficiente y atractiva”. Aunque existe una gran variedad de modelos de diseño instruccivo, todos ellos introducen procesos para desarrollar la enseñanza, donde se reconoce la relación entre los siguientes factores: el estudiante, el instructor y los materiales.

#### 4.1.2 Modelo de Diseño Instructivo ADDIE

De entre los numerosos modelos de diseño instruccivo existentes, muchos se basan en el modelo ADDIE (*Analyze, Design, Develop, Implement, and Evaluate*) [147][148], el cual se compone de cinco etapas interconectadas: 1) *Análisis*, 2) *Diseño*, 3) *Desarrollo*, 4) *Implementación*, y 5) *Evaluación*, tal y como muestra la Figura 4-1. Se trata de un modelo genérico y sencillo, que puede ayudar en el desarrollo de cualquier tipo de formación. Además, su simplicidad facilita a personas que no tienen un gran conocimiento en el uso de las TIC, emplearlo como guía para el desarrollo de un programa o curso.

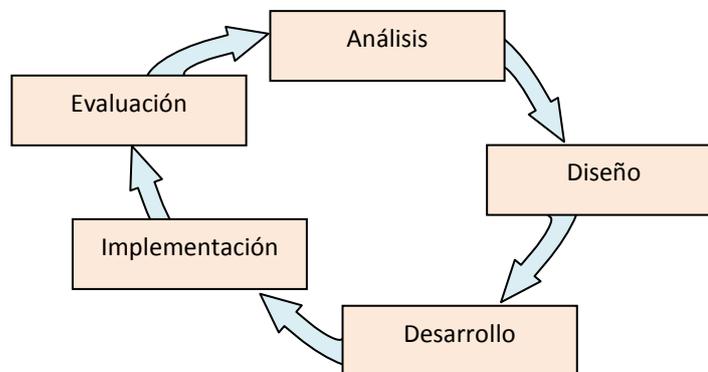


Figura 4-1: Esquema general del modelo ADDIE para el diseño instruccivo.

Cada una de las fases del modelo ADDIE se compone a su vez de un elevado número de tareas. Dado que es un modelo genérico puede modificarse de acuerdo al tipo de programa que se quiera desarrollar. Se utiliza con frecuencia en el diseño de programas que se podrían considerar de tipo tradicional, y más todavía cuando los procesos formativos incorporan el empleo de las TIC. El modelo se compone de las siguientes etapas:

1. **Análisis.** Esta fase constituye la base para las demás etapas del DI, ya que es en ella donde se definen los problemas, se identifican sus fuentes y se determinan las posibles soluciones. Es aquí donde se realiza el análisis de necesidades y se determinan aspectos tales como: las características de la audiencia, lo que necesitan aprender, los recursos disponibles, los medios de difusión, las posibles restricciones o la fecha límite para implantar la formación. Los resultados de la etapa de *Análisis* son la entrada a la de *Diseño*.
2. **Diseño.** Los resultados de la fase anterior se utilizan para planificar una estrategia y así preparar la instrucción. En esta etapa se hace un bosquejo de cómo alcanzar las metas instructivas propuestas. Algunos elementos de esta fase incluyen hacer una selección del entorno de aprendizaje, fijar los objetivos instructivos, seleccionar las estrategias pedagógicas, diseñar la secuencia de la instrucción en módulos, unidades y lecciones, así como redactar los contenidos del curso. Los resultados de la etapa de *Diseño* son la entrada a la de *Desarrollo*.
3. **Desarrollo.** En esta fase se elaboran los planes de los módulos, unidades y lecciones, diseñadas en la fase anterior. Del mismo modo, se seleccionan o producen los recursos didácticos que se van a utilizar, así como las actividades de aprendizaje, y se determinan los tipos de interacción a incorporar. Los resultados de la etapa de *Desarrollo* son la entrada a la de *Implementación*.
4. **Implementación.** En esta fase se divulga de forma efectiva la oferta de formación y se distribuyen los correspondientes materiales entre los participantes en la misma. La instrucción puede ser implementada siguiendo distintas aproximaciones (presencial, semi-presencial o a distancia) y, en su caso, puede hacer uso de distintos tipos de espacios (aulas convencionales, aulas informáticas, laboratorios). En esta etapa se propicia la comprensión del material, la consecución de habilidades y competencias, así como la transferencia de conocimiento del ambiente instructivo al ambiente de trabajo. También se abordan los problemas técnicos que puedan aparecer y se proponen posibles planes alternativos.
5. **Evaluación.** Es la encargada de valorar la eficacia y eficiencia de la instrucción. Existen dos tipos de evaluación: la evaluación formativa y la evaluación sumativa. La evaluación formativa es continua, es decir, se debe llevar a cabo mientras se están desarrollando las demás fases. El objetivo de este tipo de evaluación es mejorar el

proceso instructivo lo más pronto posible, tratando así de evitar que los problemas puedan llegar a la etapa de *Implementación*. La evaluación sumativa se realiza cuando se ha implantado la versión final de la instrucción. En este tipo de evaluación se verifica la efectividad total de la instrucción y los correspondientes resultados se utilizan para la toma de decisiones, tal como continuar con un determinado proyecto educativo o, por ejemplo, realizar una serie de inversiones en infraestructura o en la compra de materiales instructivos. Es importante que en la evaluación se consideren tanto indicadores cuantitativos como cualitativos, así como solicitar la opinión de todos los participantes en el proceso: estudiantes, profesores y personal de apoyo.

## **4.2 Propuesta inicial basada en el modelo ADDIE**

Tal y como se introdujo en el capítulo anterior, numerosas investigaciones recientes muestran un impacto positivo en el aprendizaje asociado a la utilización de las tabletas PC en educación superior y, más especialmente, en disciplinas del ámbito de las ciencias o las ingenierías. Sin embargo, como apunta Blesa [153], uno de los pioneros en la utilización de la tableta PC en España, “Las nuevas tecnologías, por sí solas, no implican una mejora en los procesos de enseñanza y aprendizaje”. Más recientemente, Marqués [154] señala “Los dispositivos digitales son instrumentos útiles, permiten hacer más cosas, pero no garantizan los aprendizajes. Nuevos recursos requieren nuevas metodologías”. Por lo tanto, consideramos que la adecuada integración de una tecnología en un entorno educativo, requiere unas directrices concretas que traten de responder a las correspondientes necesidades. En este caso, para la elaboración de la propuesta inicial que se describe en esta sección, seguiremos el modelo ADDIE descrito en la sección anterior.

### **4.2.1 Análisis**

La propuesta arranca con una primera fase de *Análisis*. Con el fin de poder plantear una actuación realista, el estudio se ha centrado principalmente en el entorno de la UPV, en particular, en las titulaciones relacionadas con la Ingeniería Informática, aunque tomando igualmente en consideración estudios más generales realizados en contextos similares.

Como se adelantó en la introducción de este trabajo, los estudios realizados en la UPV referidos al rendimiento académico en las titulaciones de Ingeniería Informática [21] apuntaban algunas pistas: importante absentismo en las sesiones presenciales, elevados índices de abandono durante el curso, escasa motivación por las disciplinas que se pone de manifiesto por una baja dedicación a las mismas, así como cierta resistencia a la participación de los estudiantes en las actividades de aula.

Alcover et al. [155] relacionan los malos resultados de rendimiento con el aumento de recursos multimedia de que se dispone, en la mayoría de las asignaturas. Según este estudio, “los

estudiantes relajan su actitud al pensar que todo el material necesario se encuentra en el repositorio, y que un estudio posterior del mismo puede ser suficiente para superar la asignatura”. Este hecho unido a la falta de hábito en el aprendizaje autónomo supone que, de los numerosos alumnos que deciden no asistir a clase, una buena parte son incapaces de asimilar por sí solos los materiales de aprendizaje. Todo ello puede conducir a un aprendizaje poco significativo de las materias y a elevados porcentajes de abandono y fracaso.

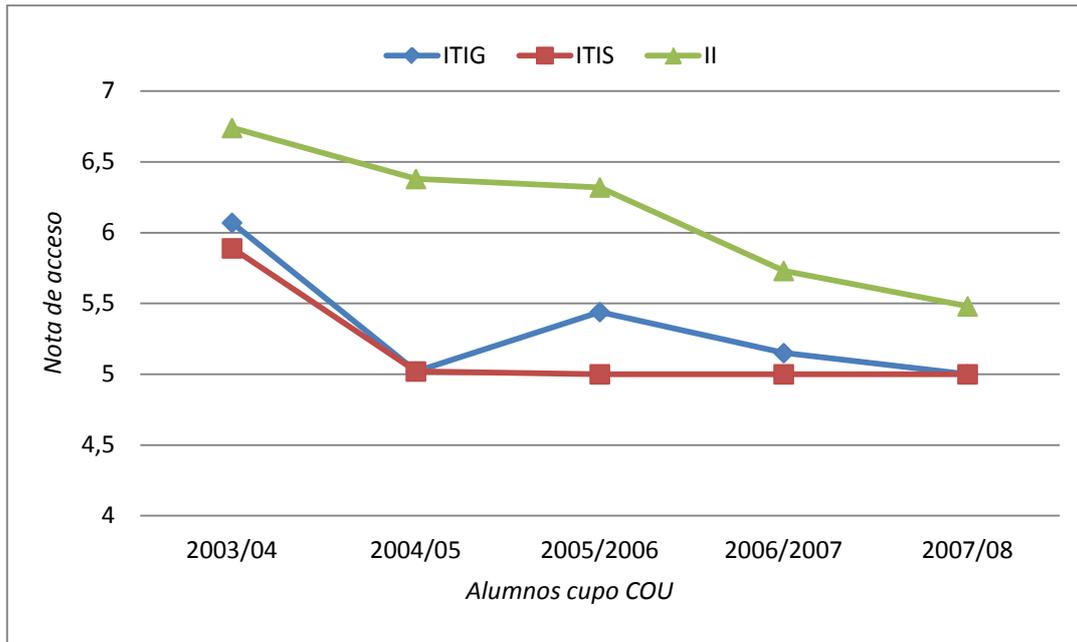
Las características del alumnado se abordan también en otro estudio realizado en la Facultad de Informática de la UPV sobre la carga de trabajo del alumno en la preparación de las asignaturas [156]. En dicho estudio se constatan unos fuertes picos de dedicación en las fechas previas a los exámenes, acompañados de largos periodos de escasa actividad durante el resto del curso.

Numerosas investigaciones [157] [158] [159] muestran la relevancia de la nota de acceso en el rendimiento académico de los universitarios. En particular, merece la pena señalar un estudio de Fornés et al. [160] donde se analiza la influencia de distintas variables académicas a nivel preuniversitario en el rendimiento académico de los alumnos de primer curso de II en la UPV. Tras considerar más de 700 alumnos que iniciaron sus estudios entre los cursos académicos 2001-02 y 2005-06, los autores concluyen que el mejor indicador del éxito es la nota de acceso a la universidad, seguido muy de cerca por la nota media de bachillerato.

Por tanto, parece conveniente incorporar en la fase de *Análisis* la evolución de este indicador en los estudiantes de las titulaciones de Informática de la UPV. Como se observa en la Figura 4-2, las notas de acceso han seguido prácticamente una tendencia decreciente en los cinco cursos analizados, debiendo destacarse que, en las ingenierías técnicas (ITIG e ITIS), alcanzó el mínimo que habilita la entrada a los estudios. En el caso de la titulación de cinco años (II), aunque sin llegar a ese extremo, el descenso también fue considerable. Esta realidad venía agravada debido a que, en las titulaciones técnicas, un importante número de alumnos se incorporaba a la carrera después de superar la selectividad en la convocatoria de septiembre, con el curso ya comenzado. Sin duda, este inconveniente supone un obstáculo añadido en el rendimiento académico de ese grupo de estudiantes.

En esta etapa de *Análisis*, uno de los focos de atención prioritarios han sido los alumnos de primer curso ya que, como apuntan Tovar et al. [24], las acciones que consigan mejorar el rendimiento sobre estos alumnos, tienen un efecto multiplicador que no ocurre si la actuación se realiza sobre otros cursos. Además, estos mismos autores constatan que los abandonos de los estudios universitarios se concentran en los primeros años y, paralelamente, las cohortes que han obtenido mejores resultados en primer curso, tienden a hacerlo mejor en años subsecuentes. Diferentes investigaciones llevadas a cabo en universidades españolas apuntan en la misma línea. Por un lado, Tejedor y García-Valcárcel, en distintos estudios sobre rendimiento académico realizados en la Universidad de Salamanca [161], afirman que el abandono se

concentra en los primeros cursos, acumulándose el 90% de los alumnos que dejan sus estudios entre 1º y 2º de carrera. Del mismo modo señalan que este fenómeno va parejo con el hecho de que las peores calificaciones se dan también en los primeros años de carrera. Por otro lado, Más et al. señalan, en su estudio de rendimiento académico aplicado a las titulaciones de Informática en ocho universidades públicas españolas [20], que mientras las tasas de abandono están en torno al 14% respecto al total de alumnos matriculados en todas las titulaciones, el porcentaje sube al 25% cuando se consideran únicamente los alumnos de nuevo ingreso.



**Figura 4-2: Evolución de la nota de acceso en las titulaciones de Informática de la UPV.**

La Figura 4-3 utiliza como indicador global de rendimiento los porcentajes de aprobados (distinguiendo en primera convocatoria, en segunda y en ambas), suspensos y abandonos en las asignaturas obligatorias de primer curso en las dos titulaciones de Ingeniería Técnica en Informática, de la UPV. El gráfico muestra que, en todo el periodo analizado, menos de la mitad de los alumnos matriculados superan estas asignaturas y, lo que resulta más grave, algunos cursos el porcentaje de abandonos supera al correspondiente de aprobados. Aunque los resultados puedan parecer bastante pobres, un estudio similar realizado en la UPM [24] muestra que, en esos mismos años, el porcentaje de alumnos matriculados que aprueba todas las asignaturas obligatorias de primer curso de la titulación de II, llega a situarse en ocasiones por debajo del 10%.

En el ámbito universitario es de sobra conocido que, dentro de una misma institución, existen diferencias considerables de rendimiento académico entre titulaciones, y también entre materias para una misma titulación. A este respecto, de Miguel y Arias, en un estudio sobre rendimiento académico [162], apuntan que las diferencias entre las materias, dentro de una misma titulación, son más acusadas en aquellas titulaciones que presentan globalmente un mayor nivel de

exigencia. Los mismos autores afirman que todas las titulaciones cuentan con una o dos materias selectivas en los dos primeros cursos, muchas relacionadas con contenidos matemáticos. Nuestro análisis apunta en la misma dirección al observarse que los alumnos presentan mayor dificultad en las asignaturas de base científica, como las relacionadas con las Matemáticas o la Física. Además, se obtienen peores resultados en aquellas disciplinas de carácter más tecnológico, pero con una fuerte dependencia en las primeras, como puede ser el caso de las materias relacionadas con la Electrónica. En no pocas ocasiones, el bajo rendimiento en todas estas disciplinas se relaciona con la falta de nivel de los estudiantes en sus estudios previos, que se suele agravar en los alumnos que han cursado módulos de Formación Profesional o en aquéllos que, aunque proceden del Bachillerato, no han cursado disciplinas como las Matemáticas o la Física.

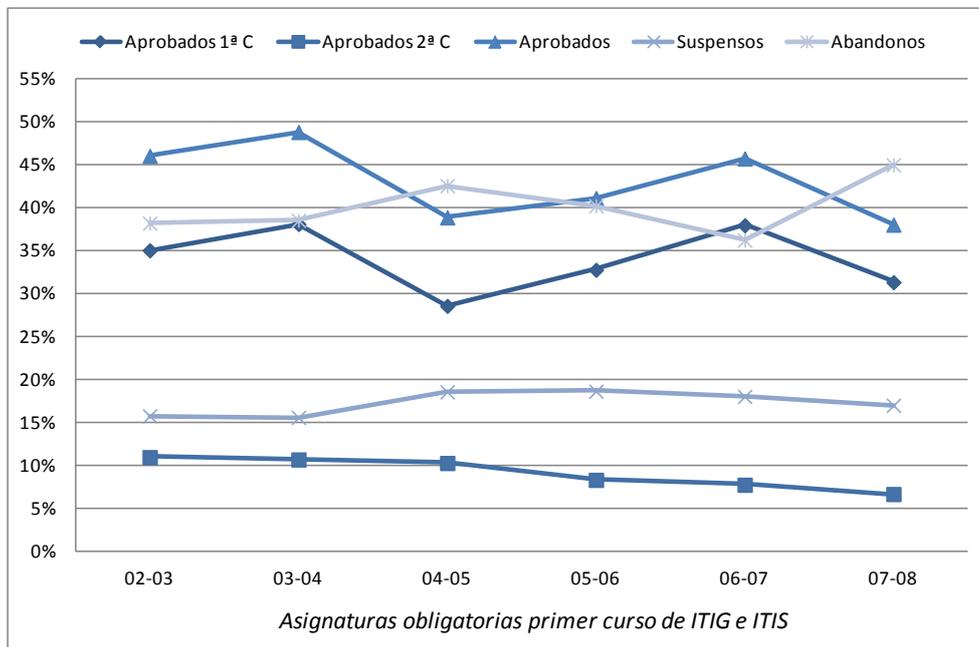


Figura 4-3: Evolución del rendimiento académico en las ingenierías técnicas de la UPV.

A modo de conclusión de esta fase de *Análisis*, la Tabla 4-1 sintetiza los problemas detectados, mientras que la Tabla 4-2 resume unas propuestas generales que tratan de dar respuesta a dicha problemática y que habrá que incorporar en las fases siguientes del diseño instructivo.

Tabla 4-1: Principales problemas detectados en la fase de *Análisis*

Tendencia decreciente en las notas de acceso a los estudios.
Altos índices de absentismo en las sesiones presenciales.
Altos índices de abandono durante el curso.
Falta de hábito para el aprendizaje autónomo.
Carga de trabajo del alumno concentrada en las fechas previas a los exámenes.
Bajo rendimiento académico especialmente en las asignaturas de primer curso y de base científica.

La fase de *Análisis* nos ha permitido reflexionar sobre la escasa eficacia de algunas de las prácticas docentes empleadas y en las que, no pocas veces, el profesor sigue teniendo el papel predominante en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para hacer frente a esta situación, deben plantearse actuaciones que tengan como principal finalidad la mejora del aprendizaje de los alumnos, en la línea de lo que se conoce como *Scholarship of Teaching and Learning* [163][164]. En el marco de esta tesis se abordarán las soluciones apuntadas en la Tabla 4-2 mediante la incorporación de las TTD en distintos casos de estudio.

**Tabla 4-2: Soluciones generales apuntadas en la fase de *Análisis***

Considerar el perfil de los alumnos a la hora de abordar el diseño curricular de las asignaturas.
Producir recursos didácticos complementarios que faciliten el aprendizaje autónomo.
Propiciar la asistencia regular a las clases.
Introducir mecanismos que favorezcan la interacción entre profesor-alumno y entre los propios alumnos.
Incentivar la participación de los alumnos en las sesiones.
Valorar la actividad del alumno tanto dentro como fuera del aula.
Incorporar la evaluación formativa a lo largo del curso.
Mejorar la realimentación proporcionada al alumno sobre sus logros de aprendizaje.

#### 4.2.2 Diseño

Los resultados de la primera fase sirven de entrada a la fase de *Diseño* donde, en líneas generales, se definirán los objetivos de la actuación y las estrategias a seguir. En esta fase utilizaremos como referencia los ya citados *Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education* de Chickering y Gamson [32], que resumen décadas de investigación con estudiantes universitarios de grado, y más concretamente los trabajos posteriores donde se incorpora la tecnología como palanca para hacer realidad esos principios [55][56]. Merecen una mención especial el trabajo de Sneller [165] y sobre todo el de Cromack [166], donde la tecnología utilizada para desarrollar esos principios es precisamente la de la TPC. Inspirados por todas estas fuentes, se plantea una propuesta centrada en la actividad del estudiante, donde el uso de dispositivos de tinta digital (TPC en nuestro caso) conectados en red, nos va a permitir abordar muchas de las necesidades planteadas en la fase de *Análisis*. En este enfoque, uno de los papeles centrales del instructor se centrará en el desarrollo de contenidos y recursos, adaptados a un entorno con dispositivos que incorporan tinta digital, así como en el diseño de actividades que exploten la potencialidad de aquéllos.

Es importante señalar en este punto que, debido a las características y orientación de cada disciplina, no todas las asignaturas se pueden beneficiar del mismo modo del potencial de las TTD. Por ejemplo, aquéllas que hagan un mayor uso de información de tipo texto y en las que el teclado sea el método habitual de introducción de la información serían, en un principio, peores candidatas a la incorporación de este tipo de tecnologías. Por el contrario, aquellas

materias donde se haga un uso intensivo de información gráfica (imágenes, esquemas, diagramas, símbolos especiales...), podrían aprovechar mejor las posibilidades que ofrece la tecnología. Este tipo de argumento nos ayudó a decantarnos por una asignatura en el ámbito de la electrónica, *Ampliación de Tecnología de Computadores (ATC)* [167], para aplicar por primera vez nuestra propuesta en el curso 2008-09. Tal y como se comentó en el capítulo anterior, el uso de la tinta digital resulta especialmente apropiado en este tipo de materias, pues permite dibujar libremente los distintos elementos propios de la disciplina (dispositivos, bloques funcionales, circuitos, diagramas de estados, cronogramas...), así como representar las ecuaciones que gobiernan los sistemas, o incluso señalar sobre ellos algunas de sus magnitudes características, como corrientes o diferencias de potencial.

Desde el punto de vista metodológico y para favorecer el protagonismo del alumno en el proceso de enseñanza-aprendizaje, un factor clave a incorporar en el diseño de nuestra propuesta fue una reducción considerable del tiempo dedicado por el profesor a la exposición de contenidos, en las sesiones llamadas de teoría. De este modo, el resto de la sesión, se podía programar con actividades del alumno, bien de forma individual o por grupos. Este enfoque permitía también potenciar la incorporación de estrategias de evaluación formativa que ayudan al profesor a conocer los logros de aprendizaje de sus alumnos y le permite reorientar sus estrategias didácticas. Con el fin de recoger estas líneas generales de diseño, se realiza una **propuesta inicial** articulada en seis pasos que se describen a continuación:

***Paso #1. Reducir el contenido de las diapositivas con el fin de permitir un ajuste dinámico de la presentación.***

Las presentaciones electrónicas a preparar no deben de desarrollar en exceso los contenidos, sino únicamente las ideas centrales, lo que constituiría el guión del discurso, muy en la línea del trabajo de Kahn [168], que aboga por un nuevo diseño de las presentaciones. Además, de esta forma, se facilita al profesor la incorporación de anotaciones en las diapositivas mediante el uso de la tinta digital. Este proceso realizado de una forma dinámica durante la exposición, permite igualmente añadir las observaciones apuntadas por los estudiantes durante la sesión, y facilita así el seguimiento de los contenidos.

Estos materiales podrían compartirse en tiempo real con los estudiantes mediante el uso de alguna herramienta de presentación y colaboración en red, como las descritas en la sección 2.4.4, lo que les liberaría de la tarea de copiar las notas del profesor y, al mismo tiempo, les permitiría concentrarse más en el seguimiento de la exposición. Asimismo, en este supuesto, los estudiantes podrían a su vez personalizar los materiales compartidos por el profesor, incorporando sus propias anotaciones en la instancia que han recibido en su equipo. Al terminar las clases, los profesores podrían publicar en el repositorio del curso los materiales “enriquecidos” durante las mismas, facilitando igualmente el estudio de aquellos alumnos que no asistieron a clase.

***Paso #2. Diseñar y desarrollar recursos multimedia específicos que permitan a los alumnos mejorar el nivel de aprendizaje.***

Dado que los enfoques centrados en la actividad del estudiante suelen acarrear una reducción del tiempo dedicado a las exposiciones por parte del profesor, se considera conveniente producir recursos didácticos que puedan incluir una combinación de elementos como imágenes fijas, texto, audio, vídeo, animaciones, simulaciones, y applets de Java que, por un lado, sirvan de material complementario a las lecciones magistrales y, por otro, puedan ayudar a estudiantes con distintos estilos de aprendizaje (visual, auditivo, verbal, solitario...). La experiencia del instructor en la disciplina objeto de estudio será muy valiosa para decidir los temas a cubrir tales como: conceptos fundamentales que suelen presentar dificultades de comprensión, errores frecuentes, procedimientos y/o algoritmos complejos, herramientas software, equipos de laboratorio, etc. La participación de los propios estudiantes en la producción de estos recursos puede suponer un gran beneficio para todo el colectivo [169].

El hecho de que los estudiantes dispongan de un equipo durante las sesiones supone una fuente potencial de distracción, por lo que es muy importante que se diseñe una planificación precisa de las sesiones y que los estudiantes reconozcan las posibilidades de los equipos. Unos recursos bien diseñados y oportunamente utilizados pueden ayudar a aumentar la atención y la dedicación del estudiante durante las sesiones. En caso contrario, el equipo puede suponer un factor negativo en el aprendizaje de los estudiantes.

***Paso #3. Diseñar y desarrollar actividades individuales y/o grupales para las sesiones presenciales, con el fin de promover la dedicación de los estudiantes en la asignatura.***

En general, estas actividades de aula podrían implicar: a) la práctica de una actividad intelectual específica, por ejemplo, de análisis, de diseño, de prueba, de depuración, de interpretación de unas especificaciones; b) la aplicación de conocimientos y/o procedimientos específicos; c) la evaluación del conocimiento y comprensión acerca de un determinado tópico. En relación con el trabajo en equipo, es bien sabido que la colaboración facilita el procesamiento de la información y fomenta pues el desarrollo cognitivo. Por lo tanto, es importante integrar actividades que impliquen el trabajo colaborativo. El uso de la tinta digital aumenta el abanico de actividades que se pueden plantear, sin las restricciones habituales de los editores de texto, y sin necesidad de recurrir a aplicaciones específicas para cada disciplina. Adicionalmente, suponiendo que los equipos se encuentran conectados en red, se podrán potenciar las actividades de trabajo colaborativo.

***Paso #4. Introducir el uso de software propio de la disciplina así como recursos específicos para abordar problemas y/o proyectos en escenarios más realistas.***

La idea es proporcionar a los alumnos la oportunidad de emplear herramientas tales como *Matlab*, *PSpice*, *LabView*, o cualquiera otra propia de la disciplina, de una manera similar a

como lo hacen los ingenieros en su práctica real en la industria. Las TPC pueden ayudar a integrar las herramientas de simulación con los cálculos analíticos realizados durante las sesiones, dando lugar a una mejor comprensión de los estudiantes.

En general, las distintas posibilidades de las TTD pueden contribuir en las distintas etapas del proceso de generación de ideas y, por tanto, mejorar la eficiencia del aprendizaje colaborativo. Por ejemplo, la realización con total naturalidad de bosquejos (*sketching*) o cualquier tipo de diagramas, puede ser de gran ayuda en propuestas didácticas basadas en problemas y/o proyectos.

**Paso #5. Diseñar y desarrollar “one-minute papers” que ayuden a los profesores a conocer mejor los logros de aprendizaje de sus estudiantes.**

Este tipo de recursos se convierte en una herramienta muy útil para realizar, de forma rápida y simple, una evaluación formativa [170]. En el contexto de las aulas en red, las herramientas de presentación y colaboración antes citadas, apoyan estas estrategias de una manera muy eficiente. Los profesores pueden plantear a la audiencia una cuestión breve de respuesta cerrada, por ejemplo tipo Verdadero/Falso, o de respuesta múltiple, que los estudiantes responden seleccionando una determinada opción sobre su pantalla, de modo semejante a como se haría con los llamados *clickers*. Nada más finalizar la actividad, referida como “sondeo” en el contexto de las herramientas anteriores, el profesor puede mostrar, mediante un gráfico, los resultados globales, para que los estudiantes comparen sus propias respuestas con la de los compañeros. De esta forma, las respuestas recibidas proporcionan al profesor una realimentación sobre el aprendizaje de sus alumnos que le permite aclarar conceptos erróneos y, si fuera necesario, reorientar su planificación.

**Paso #6. Diseñar y desarrollar bancos de preguntas que faciliten la evaluación continua.**

Estos bancos de preguntas deben ser diseñados con diferentes niveles de dificultad y de enfoques, incluyendo, al menos, cuestiones dedicadas tanto a la recuperación de conocimientos como a la aplicación de los mismos. Se podrán seleccionar los ítems adecuados para generar cuestionarios que faciliten a los instructores una evaluación cuantitativa continua. Un aula en red permite a los estudiantes autenticarse para poder acceder a cualquier prueba de este tipo almacenada en los típicos entornos virtuales de aprendizaje, facilitando además el proceso de retroalimentación y de gestión de las calificaciones. De nuevo, el uso de aplicaciones que permitan el uso de la tinta digital, tales como *InkSurvey* [171], permiten mayor flexibilidad a la hora de responder a las preguntas planteadas.

La Tabla 4-3 sintetiza los distintos pasos que incorpora nuestra propuesta.

**Tabla 4-3: Resumen de las estrategias planteadas en la fase de *Diseño***

Paso #1: Reducir el contenido de las diapositivas para fomentar presentaciones más dinámicas.
Paso #2: Diseñar y desarrollar recursos multimedia de verdadero valor añadido.
Paso #3: Diseñar y desarrollar actividades individuales y/o grupales para las sesiones presenciales.
Paso #4: Introducir el uso de software propio de la disciplina y recursos específicos.
Paso #5: Diseñar y desarrollar “one-minute papers” que favorezcan la realimentación.
Paso #6: Diseñar y desarrollar bancos de ítems que faciliten la evaluación continua.

### 4.2.3 Desarrollo, Implementación y Evaluación

Siguiendo el modelo ADDIE, la fase siguiente es la de *Desarrollo*, donde para cada una de las asignaturas donde se aplicará la propuesta, se han de seleccionar o producir tanto los recursos didácticos como las actividades de aprendizaje, de acuerdo con las recomendaciones generales de la fase anterior. Esta etapa contempla también una programación detallada por unidades didácticas y por sesiones, donde se especifican los contenidos a presentar, los recursos disponibles, las actividades a realizar por parte de los alumnos, los tipos de interacción a incorporar y, en su caso, los eventos de evaluación. Por supuesto, todo ello sincronizado, en su caso, con la programación general del resto de grupos de la asignatura. Las experiencias concretas llevadas a cabo en distintas asignaturas de titulaciones de Informática y algunos ejemplos de las actividades y recursos producidos serán descritos más adelante.

A continuación, el modelo instructivo ha de abordar la fase de *Implementación* de la propuesta. Una vez determinadas las asignaturas donde se realizará la actuación, hay que establecer los grupos que serán objetos de la misma y definir cómo se constituyen, en cuanto a número y tipología de alumnos. Hay que decidir igualmente en qué tipo de sesiones se aplicará la propuesta. En nuestro caso y siguiendo las líneas de la fase de *Diseño*, se aplicará a las sesiones de aula, si bien se rompe la distinción entre clases de teoría y clases de problemas, habituales en las asignaturas objeto de estudio. Por las dificultades de organización docente encontradas, relacionadas con la multiplicidad de grupos y horarios, así como por la especificidad del equipamiento utilizado en cada asignatura, se resuelve en principio no aplicar la propuesta a las sesiones de laboratorio, donde se propone seguir un enfoque idéntico al del resto de grupos.

En esta fase se acuerda igualmente dedicar un aula concreta para desarrollar la experiencia y se prepara la infraestructura necesaria. Se traslada a la misma el equipamiento recibido como parte del proyecto financiado por HP. En concreto, las veinte tabletas PC *HP Compaq 2710p* [172], el punto de acceso para desplegar una red inalámbrica específica y un mueble especial que permite almacenar todo ese equipamiento (Figura 4-4). Se configura la red inalámbrica específica, de acuerdo a las políticas del *Área de Sistemas de Información y Comunicaciones* de la Universidad, y se define una lista de direcciones MAC autorizadas, para así evitar la intromisión

de equipos ajenos al grupo experimental. Por último, se realiza la conexión del punto de acceso con el resto de la red de la universidad para permitir la conexión a Internet. Se define igualmente la forma de asegurar la alimentación de los equipos durante las sesiones. Por un lado, se incluyen alimentadores dentro del mueble citado anteriormente, para facilitar la carga de las baterías durante el almacenamiento de los equipos. Por otro lado, se instalan tomas de corriente en todas las mesas del aula para poder hacer frente a una eventual descarga durante las sesiones.

Un elemento esencial en esta fase es la elección de la plataforma para la instrucción con las TPC. Dado que *Poliformat* [173], el sistema de campus virtual de la Universidad basado en Sakai, no soportaba el uso de la tinta digital, se trataba de adoptar una plataforma de las introducidas, en la sección 2.4, de presentación y colaboración. Aunque *Dyknow* es seguramente la herramienta que más posibilidades ofrece, el hecho de ser un producto comercial sin soporte en lengua española, hizo imposible su adquisición y, por tanto, tuvo que ser descartado.



**Figura 4-4: Mueble para almacenar las TPC y el punto de acceso del aula.**

De entre el resto de posibilidades, nos decantamos por *Classroom Presenter*, una alternativa gratuita para uso educativo que, aunque no tan robusta ni potente como *Dyknow*, se adaptaba a las necesidades de nuestra propuesta. Más concretamente, en todas las TPC disponibles se instaló la versión 3.1 con soporte en español, cuya pantalla principal se muestra en la Figura 4-5.

Conviene apuntar que también se barajó el uso de *Ubiquitous Presenter*, una extensión de la herramienta escogida, también gratuita, que incorporaba el uso del navegador web como principal atractivo. Sin embargo, al estar basada en una arquitectura cliente-servidor, su utilización implicaba tanto el registro de todos los usuarios, como el almacenamiento de los

recursos en un servidor de la Universidad de California San Diego, donde se crearía un aula virtual para cada una de las asignaturas. Este tipo de condicionantes nos hizo prescindir de esta opción.

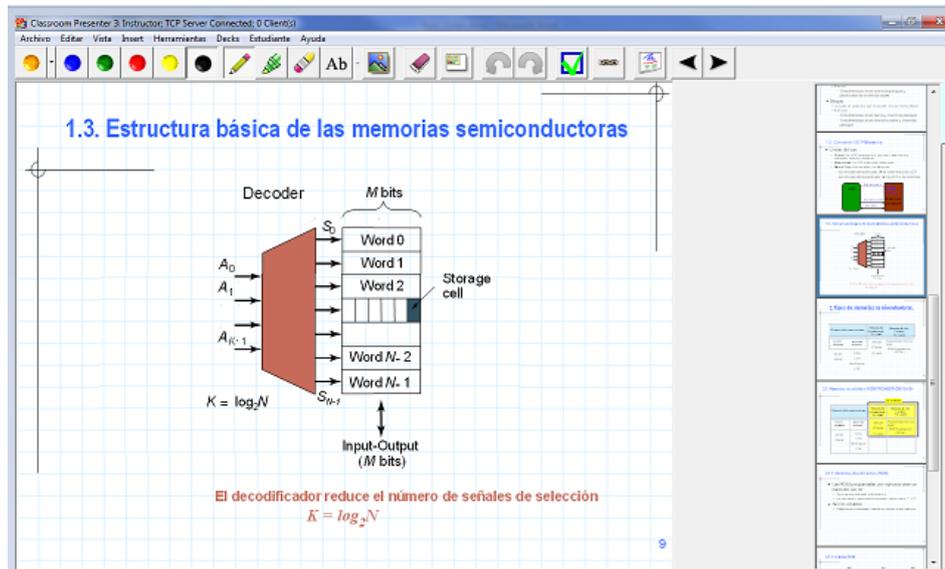


Figura 4-5: Ejemplo de uso del programa *Classroom Presenter* en rol de instructor.

En esta fase también se decidió aplicar la propuesta a un grupo piloto de 20 alumnos, dado que ése era el número de TPC disponibles, para así poder experimentar el enfoque 1:1, tal y como se introdujo en el capítulo 3. Si bien ese número podía considerarse bajo respecto de los alumnos asignados a un grupo convencional, no lo era tanto cuando se comparaba con los datos reales de asistencia a las sesiones de problemas, que se tomó como referencia. Considerando que en la docencia tradicional cada grupo de teoría se dividía en dos grupos para las sesiones de problemas, el número de alumnos que asistían regularmente era inferior a 20 en numerosas ocasiones. En cualquier caso, conviene apuntar que la creación de este grupo piloto no hubiera sido posible sin el apoyo institucional otorgado al proyecto, tanto por la Universidad como por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática (ETSINF).

La fase de *Implementación* resulta también muy útil como preparación a la difusión posterior de la propuesta entre el colectivo de profesores, mediante la organización de distintos talleres, que serán también objeto de análisis en el siguiente capítulo de esta tesis.

El modelo ADDIE se completa con la fase de *Evaluación* de la propuesta que, en nuestro caso, se realizó tras la conclusión de la mencionada actuación sobre el grupo piloto. Esta fase incorpora una serie de indicadores para evaluar, en primer lugar, si la propuesta metodológica contribuye a mejorar los problemas detectados en la fase de *Análisis*, tales como el absentismo, el abandono, la falta de trabajo regular durante el periodo lectivo y, finalmente, el rendimiento académico. En esta fase es muy importante también conocer la opinión de los estudiantes que han participado en las experiencias piloto, para lo cual se introducirán cuestionarios de

valoración con escalas tipo *Likert* [174] [175], donde se analiza si la propuesta ha tenido una influencia positiva en aspectos como la motivación del estudiante por la asignatura, su trabajo en clase, su experiencia de aprendizaje o su valoración global. Del mismo modo, se incorpora en los cuestionarios preguntas abiertas para detectar puntos fuertes y débiles, así como propuestas de mejora. En el primer año de implantación, el profesor responsable del grupo experimental, impartió otro grupo de la misma asignatura siguiendo la aproximación tradicional, para así poder realizar un estudio comparativo entre ambos grupos. Por último, se analiza la opinión de los profesores participantes, haciendo especial hincapié en el esfuerzo necesario para la implantación y la sostenibilidad de la misma. En definitiva, esta fase supone una revisión de la propuesta aplicada en un contexto concreto que nos debe permitir su modificación y mejora. Los resultados de la misma se detallan en el siguiente capítulo de la tesis.

#### **4.2.4 Consideraciones finales**

A modo de conclusión de esta sección y tal como se discutirá en el capítulo de evaluación, se puede afirmar que si bien los resultados de la aplicación de la propuesta pueden considerarse bastante satisfactorios, hay que enmarcarlos en las condiciones particulares en las que se ha llevado a cabo. Por un lado, el reducido número de alumnos del grupo piloto, que permitía que cada estudiante dispusiera de una TPC. Por otro lado, el hecho de que los alumnos escogieran voluntariamente su participación en el mismo, lo que pudo suponer una motivación adicional. También habría que señalar que no se escatimaron esfuerzos en la puesta en marcha de la experiencia, ni por parte de los profesores ni del resto de agentes implicados. Estas reflexiones condujeron a pensar que la extensión de la propuesta a un grupo convencional no sería automática y que debíamos tener muy presente que la propuesta presentada recogía una serie de estrategias *ad hoc* para responder a las necesidades concretas detectadas en la fase de *Análisis*. Todo ello puso de manifiesto la necesidad de dotar de una mayor formalización a nuestra propuesta, que permitiera además establecer una relación directa con las TTD que se pretendían incorporar.

### **4.3 Propuesta basada en modelado**

La propuesta descrita anteriormente trata de dar respuesta a las necesidades surgidas del análisis realizado en un contexto formativo concreto. A continuación, se aborda la generación de una segunda propuesta metodológica que complementa a la anterior. Su objetivo fundamental es desarrollar un procedimiento que sea capaz de proporcionar unas guías o recomendaciones a los profesores que se plantean incorporar las TTD en un determinado contexto formativo. Para ello, dicho procedimiento se sustenta en el modelado previo de los distintos elementos de conocimiento que caracterizan, por un lado, el enfoque instructivo del curso o experiencia formativa y, por otro, la tecnología que se va a incorporar en el mismo. Si bien este enfoque se podría plantear de modo general con cualquier tecnología, en nuestro caso se aplicará al caso particular de las TTD.

Siguiendo el modelo ADDIE, la fase de *Análisis* se concentra, por un lado, en los aspectos instructivos para tratar de determinar qué aspectos debe abordar la intervención que se plantea. Por otro lado, esta fase se encargará también de establecer las posibilidades instructivas de la tecnología a emplear. El *Diseño* vendrá de la correspondencia entre ambos dominios que deberá orientar sobre qué posibilidades o características de las tecnologías pueden contribuir a abordar los requerimientos instructivos. Las fases de *Desarrollo* e *Implementación* se apoyarán en los mapas conceptuales de las tecnologías para la generación de guías o recomendaciones. Por último, la fase de *Evaluación*, deberá examinar si las recomendaciones generadas permiten realmente satisfacer los requerimientos instructivos, mejorando así el proceso global.

En los últimos años se pueden encontrar múltiples iniciativas que han contribuido al modelado y documentación del ámbito del aprendizaje. Generalmente, se han venido usando formatos de texto para representar este tipo de conocimiento, mientras que las guías resultantes se han limitado a recomendaciones generales al instructor a modo de informes o *checklists*, o estrategias más bien informales. Disciplinas en el área de las ciencias de la computación o la ingeniería del software han promovido diferentes notaciones y mecanismos en este contexto, tales como los modelos hipermedia [176], los formatos de ontología [177], los lenguajes de modelado educativo [178] o las especificaciones de estándares [179], que permiten representar y procesar estos elementos de conocimiento, de una manera sistemática.

De entre los distintos enfoques que se pueden utilizar para organizar el conocimiento, en el presente trabajo se han seleccionado los **mapas conceptuales** [180] porque permiten representar distintos tipos de información, al tiempo que proporcionan un formato estructurado de gran flexibilidad y potencial. Aunque estas estructuras no aportan una formulación semántica en sentido estricto, pueden ser convertidas a otras notaciones formales que pueden ser procesadas de una forma sistemática. Por ejemplo, pueden ser un primer paso en la construcción de una ontología. Además, los mapas conceptuales pueden ser utilizados de forma flexible para representar diseños formativos específicos adaptados a entornos donde se incorporan las TIC [181]. Por último, otra ventaja de utilizar los mapas conceptuales sobre otras soluciones, es que éstos son estructuras conocidas para muchos profesores, que suelen utilizarlos y evaluarlos en distintos contextos formativos.

El modelo semántico de los mapas conceptuales es bastante simple, ya que está compuesto por dos componentes principales: los *conceptos*, que representan nociones o ideas sobre un campo de conocimiento, y las *relaciones*, que enlazan dichos conceptos. Además, los mapas conceptuales permiten una representación gráfica de ese conocimiento, donde los conceptos, generalmente encerrados en círculos o cajas, están conectados con líneas etiquetadas. Para especificar la relación entre dos conceptos se utilizan palabras o frases cortas, llamadas de enlace, tales como: "incluye", "da lugar a", "comienza con", "representa", "necesaria para", "contribuye a", etc.

Otra característica de los mapas conceptuales es que los conceptos se representan de forma jerárquica, con los más inclusivos o conceptos más generales, en la parte superior del mapa, y los más específicos, o conceptos menos generales, situados debajo. La estructura jerárquica de un dominio particular del conocimiento también depende del contexto en el que ese conocimiento es considerado. La Figura 4-6 muestra un ejemplo de mapa conceptual desarrollado por Novak y Cañas [182], donde se utiliza este tipo de representaciones para definir los propios mapas conceptuales, al tiempo que recoge muchas de las características antes mencionadas.

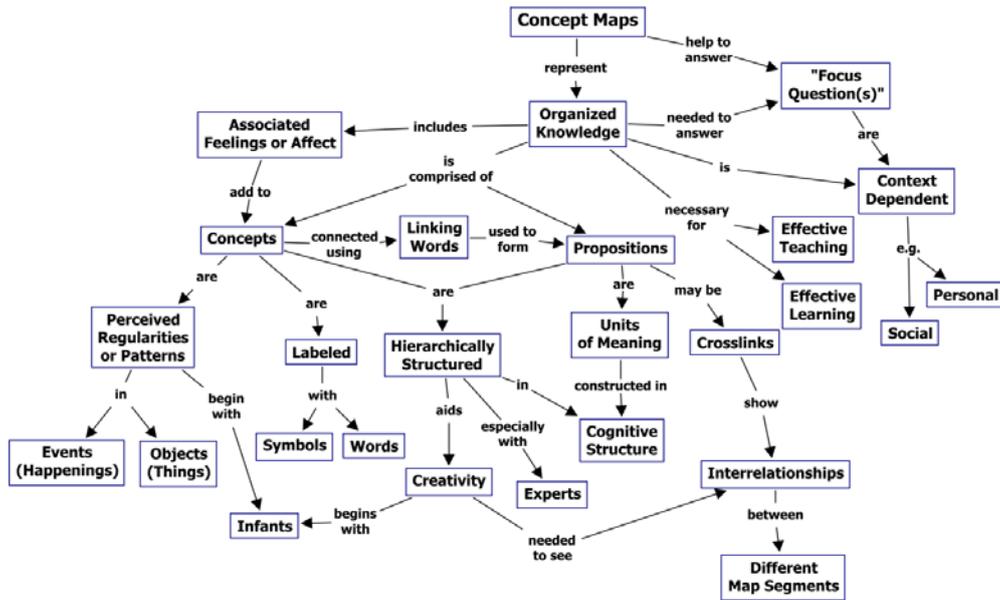


Figura 4-6: Mapa conceptual sobre “Concept Maps”.

En las secciones siguientes se aborda el modelado de los dominios instructivo y tecnológico de nuestra propuesta, primeramente desde un punto de vista general. De este modo, la fase de *Análisis* se relacionará con la obtención de información sobre un modelo instructivo particular. En cierta forma, el mapa conceptual del dominio instructivo es una herramienta que nos ayuda a generar los requerimientos de un contexto formativo determinado, lo que sería equivalente a seleccionar determinados nodos de un hipotético mapa conceptual general. Si luego fuéramos capaces de conectar esos requerimientos con las posibilidades formativas que proporciona la tecnología, estaríamos en condiciones de generar las correspondientes guías para un adecuado uso de la misma.

### 4.3.1 Formalización del Análisis

En esta segunda propuesta metodológica se pretende abordar la primera fase del modelo ADDIE desde una perspectiva formal. O dicho de otro modo, el objetivo es modelizar el conocimiento generado en la fase de *Análisis*, tanto en lo que se refiere a los requerimientos instructivos como a la incorporación de las TTD.

### Modelización del dominio instructivo

En este punto se pretende desarrollar un mapa conceptual que represente el modelo instructivo del entorno de aprendizaje que va a ser objeto de intervención. Por tanto, una primera aproximación sería que los docentes implicados crearan, desde cero, un mapa conceptual que resumiera su enfoque formativo particular y que contemplara los distintos aspectos del curso / módulo a representar. Un posible mapa conceptual genérico se observa en la Figura 4-7, el cual contempla aspectos relacionados con los objetivos de aprendizaje, disciplina, perfil de los estudiantes, recursos didácticos, métodos docentes, actividades de aprendizaje, etc.

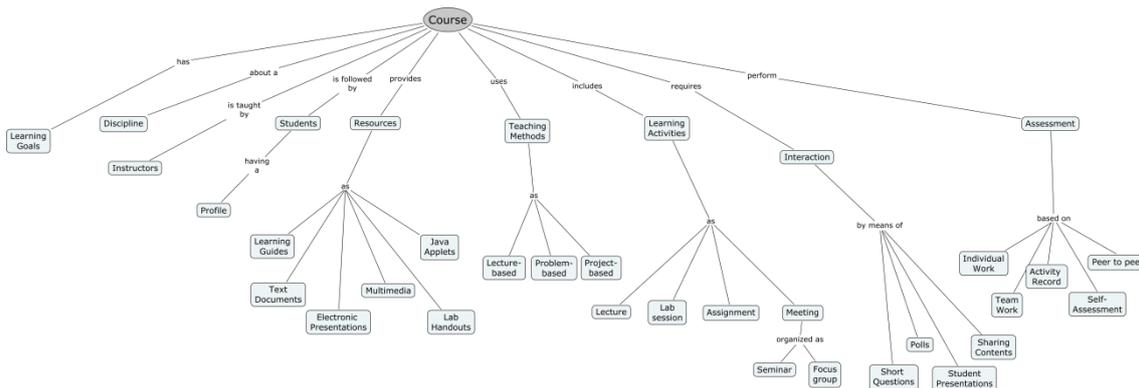


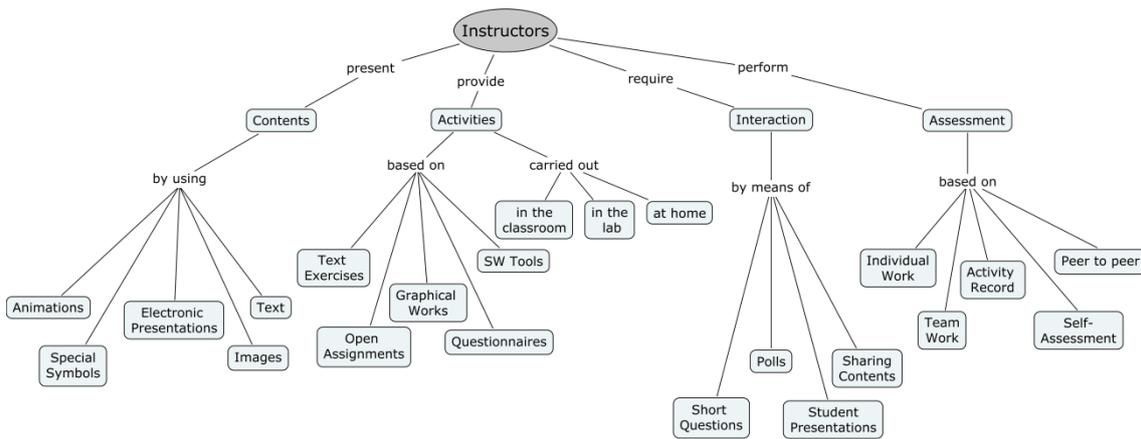
Figura 4-7: Mapa conceptual general del dominio instructivo.

Sin embargo, y con el fin de facilitar el procesamiento posterior de la información contenida en los mapas, se ha optado por desarrollar un mapa instructivo suficientemente general pero destinado a representar un modelo de enseñanza basado en clase magistral, pues es todavía el enfoque más generalizado en nuestras titulaciones de ingeniería. Esta aproximación introduce una estructura concreta en el mapa instructivo a generar, al tiempo que unifica el vocabulario utilizado. En concreto, el mapa se ha estructurado en cuatro grandes bloques, tal y como muestra la Figura 4-8:

- *Contenidos*: incluye recursos o materiales educativos que intervienen en el proceso formativo tales como documentos de texto o contenidos multimedia (presentaciones de diapositivas, imágenes, animaciones, secuencias de vídeo...).
- *Actividades*: referidas al conjunto de acciones y tareas que define el profesor para organizar el trabajo académico del alumno y que podrían ser de distintos tipos: cuestionarios, ejercicios de respuesta abierta, de búsqueda de información, de uso de herramientas software, etc.
- *Interacción*: permite definir la forma en que el profesor o los propios alumnos actúan y se comunican entre sí.

- *Evaluación:* se utiliza durante el proceso formativo para monitorizar el progreso del alumno y permite obtener información para reorientar, en su caso, la planificación prevista.

Los bloques definidos se pueden relacionar con los típicos problemas que surgen en un contexto formativo tales como la motivación de los alumnos, la selección y secuencia de contenidos, la configuración de actividades a realizar en el aula o formando parte del trabajo autónomo del alumno, o el establecimiento de procedimientos y criterios de evaluación, entre otros.



**Figura 4-8: Mapa conceptual para un enfoque basado en clase magistral.**

En general, el mapa instructivo introducido podría ser mucho más complejo para así contemplar otras muchas estrategias docentes. Sin embargo, se ha decidido simplificarlo con el fin de facilitar la toma y análisis de datos.

**Modelización del dominio tecnológico**

En relación al dominio tecnológico se ha desarrollado un mapa conceptual para modelizar el campo de las TTD, tal y como se representa en la Figura 4-9. Teniendo en cuenta el enfoque seguido en esta tesis, este mapa utiliza como nodo raíz la tableta PC y, a partir de este concepto, trata de sintetizar muchos de los aspectos descritos en el capítulo 2 sobre estas tecnologías, proporcionando una idea global sobre las mismas: características y tipos de los dispositivos que las forman, sistemas operativos que les dan soporte, servicios que proporcionan, y herramientas software asociadas, entre otros aspectos.

Dada la complejidad del mapa producido y para una mejor legibilidad del mismo, algunos nodos que representan conceptos de especial relevancia se muestran sin expandir, siendo abordados de forma individualizada en los correspondientes submapas. Para entender mejor los diferentes aspectos contemplados en el mapa y, muy particularmente, sus posibilidades formativas, se pasa a describir las distintas áreas del mapa general.

En la parte izquierda del mapa se abordan los aspectos generales que marcaron las líneas de diseño de las TPC, como son sus características de dispositivo móvil y portátil, o su factor de forma. En función de esta última característica se introducen los distintos tipos de TPC: *slate*, convertible, híbrido y *booklet*. La parte central del mapa define estos dispositivos partiendo de un ordenador portátil convencional que incorpora una pantalla especial con un elemento digitalizador y que, en función de su tipología, le permite responder a dispositivos simples, como un estilete o los propios dedos, o por el contrario, sólo lo hace cuando se utiliza un lápiz especial que produce señales electromagnéticas. Este lápiz da nombre a una familia de dispositivos que se encuadran en la llamada *pen-based technology*. La Figura 4-10 muestra el submapa conceptual asociado a este concepto donde se relacionan otros dispositivos de esta familia que acompañan a la TPC como son las tabletas gráficas, los monitores interactivos, las pizarras interactivas o las tabletas.

En la parte derecha del mapa general se introduce el requerimiento que tienen las TPC de utilizar un sistema operativo especial que dé soporte a esa característica interfaz que forman la pantalla (con su digitalizador) y el lápiz. También aborda los distintos **servicios** que pueden ofrecer estos dispositivos, tal y como representa el correspondiente submapa en la Figura 4-11. Entre los servicios ofrecidos por las TPC se han seleccionado aquéllos que tienen especial relevancia en un contexto formativo como son la difusión de presentaciones electrónicas, la pizarra interactiva, el sondeo, el cuaderno digital, el escritorio compartido o la videoconferencia. Resulta importante señalar que el mapa relaciona estos servicios con los aspectos instructivos que se pueden fomentar, tales como la toma de notas, el trabajo colaborativo, la interacción, la comunicación o la realimentación, entre otros.

Si bien toda esta información ayuda a comprender mejor estas tecnologías en su conjunto, no hemos de olvidar que el objetivo general de esta propuesta es orientar a los docentes en la utilización de las TTD. Esto nos lleva a fijar la atención en uno de los conceptos más importantes desde el punto de vista instructivo. Se trata del submapa que queda por debajo del nodo “**Tinta Digital**” (*Digital Ink*) y que representa sus principales posibilidades formativas, como muestra la Figura 4-12. En particular, la tinta digital permite a los usuarios no sólo escribir de una forma más natural, de modo semejante a como lo hacemos en el papel, sino que además permite realizar marcas, encuadrar, subrayar, dibujar a mano alzada, garabatear o generar esbozos, entre otros. En esta parte del mapa, también se incluyen las relaciones entre la posibilidad de producir todo tipo de trazos directamente sobre la superficie de la pantalla, con las actividades formativas que se pueden potenciar tales como: anotación, revisión, lluvia de ideas (*brainstorming*), prototipado y diseño, entre otras.

Por último, el modelado de la tecnología de TPC se completa con el submapa de las **herramientas software** que explotan la tinta digital, mostrado en la Figura 4-13. Tal y como se describió en la sección 2.4, existen distintos tipos de aplicaciones que pueden ser de interés en

un contexto formativo, tales como las que posibilitan la toma de notas, la creación de mapas de ideas, las pizarras interactivas on-line, las herramientas de presentación y colaboración, las de dibujo, o las diseñadas para producir y reconocer elementos gráficos específicos de distintos ámbitos: música, matemáticas, química, electrónica o ingeniería del software. El mapa conceptual también incorpora ejemplos concretos de cada uno de estos tipos de aplicaciones, en su mayoría en entorno Windows, aunque se han contemplado también otros sistemas operativos, como Linux o iOS, por ejemplo.

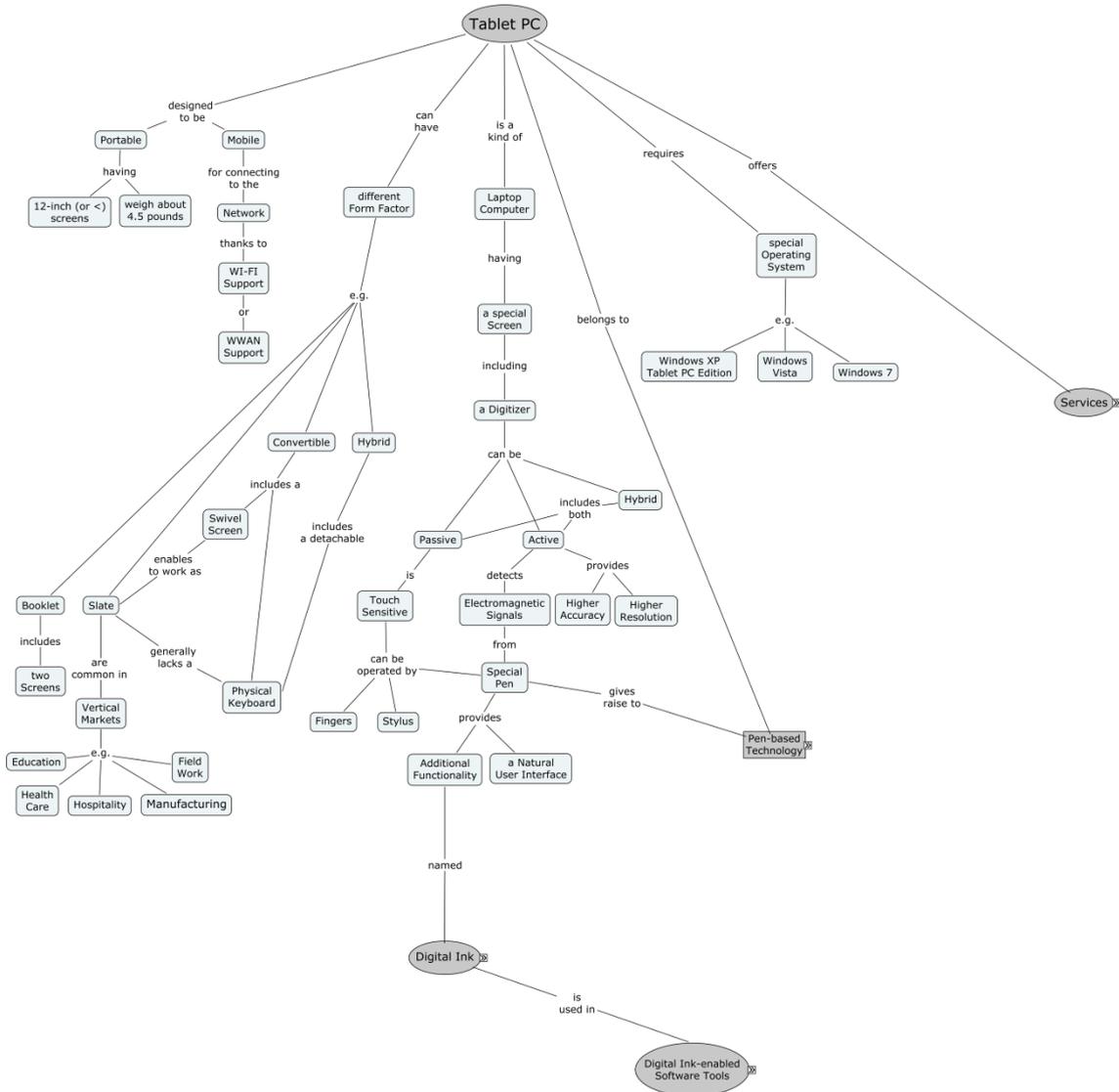


Figura 4-9: Mapa conceptual del dominio tecnológico: el caso de la tableta PC.

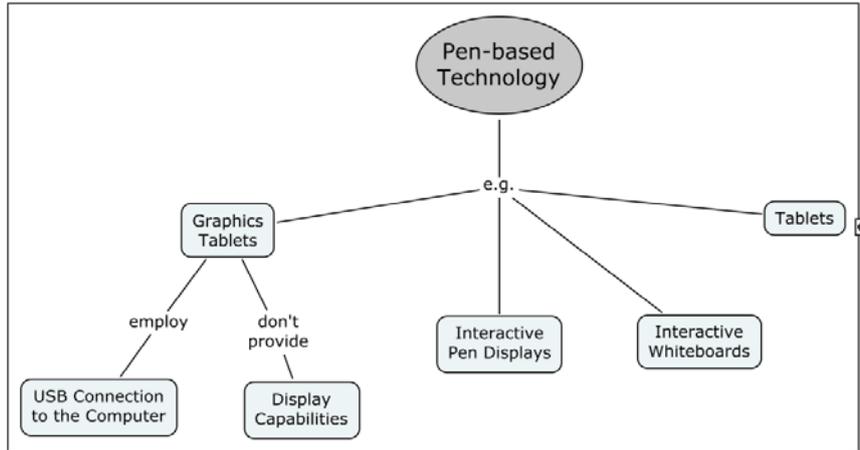


Figura 4-10: Submapa conceptual de la *pen-based technology*.

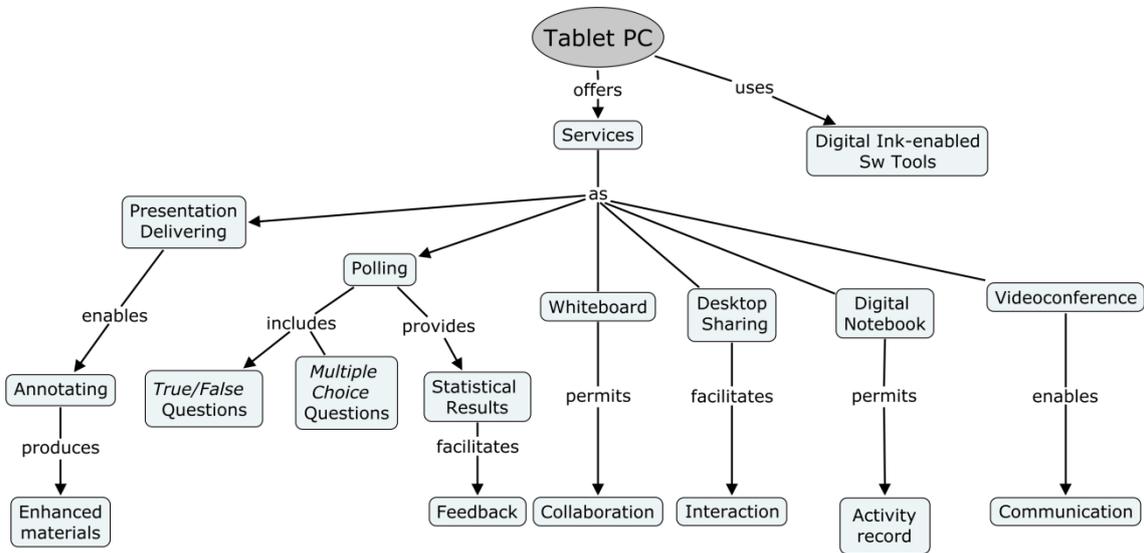


Figura 4-11: Submapa conceptual de los servicios de las tabletas PC.

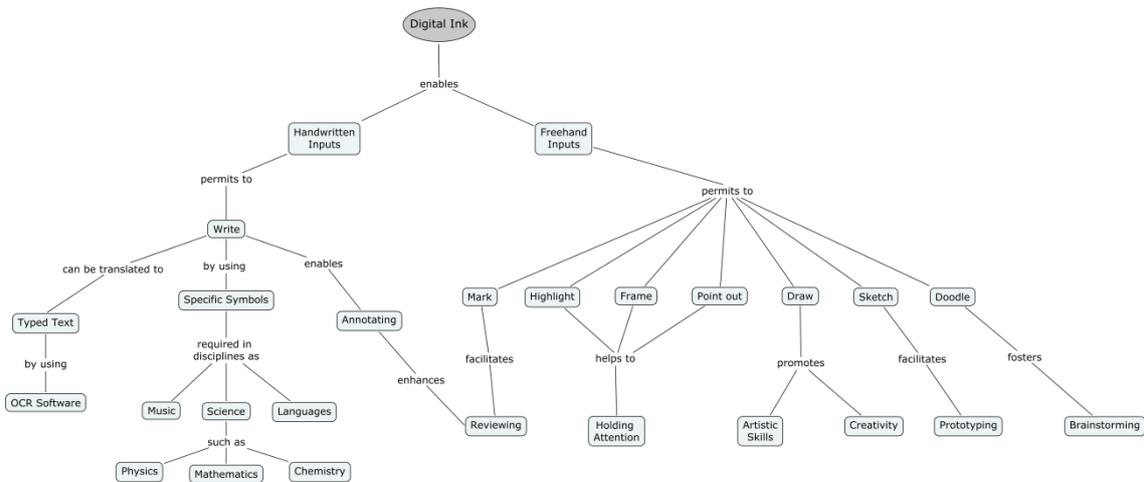


Figura 4-12: Submapa conceptual de la Tinta Digital y sus posibilidades formativas.



### 4.3.2 Recomendaciones de Diseño.

Una vez definidos los dominios instructivo y tecnológico (TPC) mediante mapas conceptuales, el siguiente paso es conectarlos. Esto es, partiendo de los elementos que constituyen ambos mapas conceptuales (conceptos y relaciones), nuestra propuesta pretende realizar una inferencia de información que permita proporcionar a los docentes unas directrices de uso de las tecnologías, adaptadas al enfoque instructivo concreto.

Este esquema de conceptualización es la base de lo que hemos denominado el modelo *TAGGE* (*Teaching Assistance Guideline Generation Engine*) [181] que, a partir de las relaciones entre un modelo instructivo y un determinado modelo tecnológico, nos ayuda en la obtención de guías o recomendaciones para la aplicación de dicha tecnología.

La Figura 4-14 representa los diferentes bloques que constituyen el modelo TAGGE en el que se apoya el enfoque propuesto. Este modelo toma como entradas los requerimientos de aprendizaje asociados a un determinado curso y, buscando relaciones de correspondencia entre los modelos instructivo y tecnológico, los procesa para hacer posible la generación de unas directrices que facilitarán a los docentes una adecuada incorporación de la tecnología en sus entornos particulares de enseñanza.

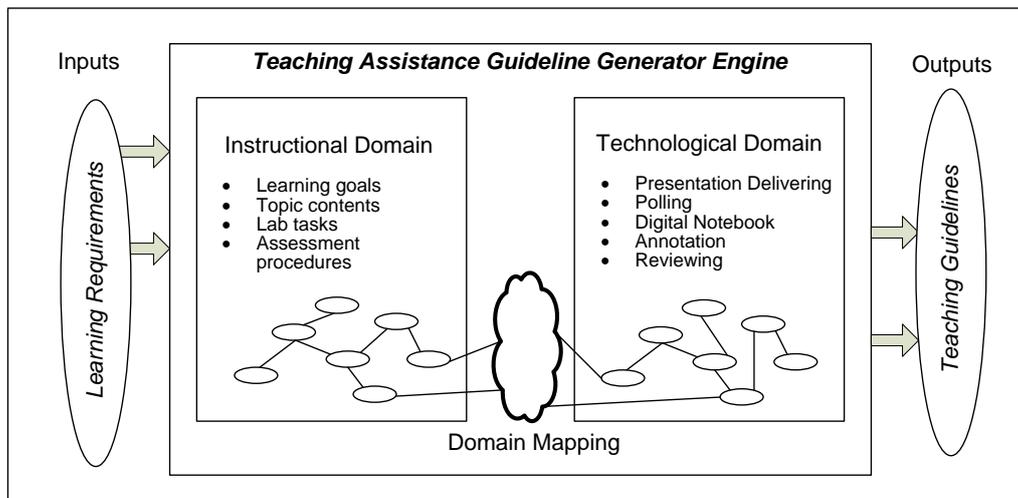


Figura 4-14: Diagrama del modelo TAGGE.

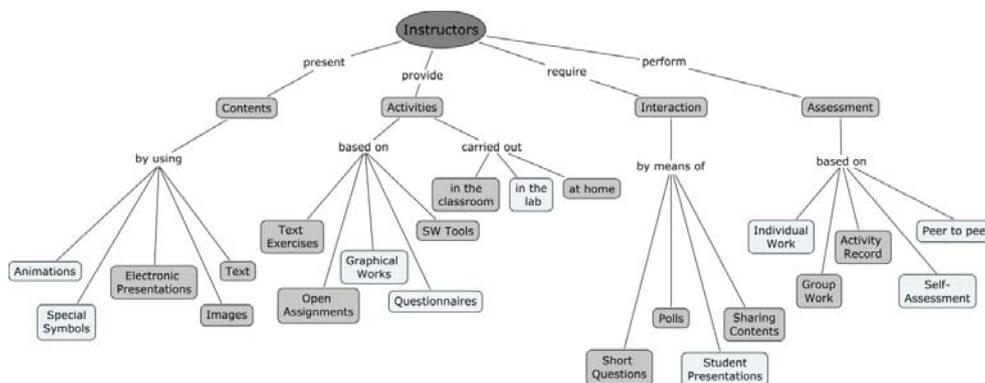
En nuestro caso, por un lado se ha definido un mapa conceptual (bloque de la izquierda en la Figura 4-14) que modeliza el planteamiento instructivo de un determinado curso en cuanto a tipos de recursos didácticos, métodos de enseñanza, actividades de aprendizaje, estrategias de evaluación, etc. Por otro lado, el mapa conceptual del bloque de la derecha describe las TTD donde resulta de especial interés todo aquello relacionado con sus posibilidades formativas, como son los servicios que ofrecen los dispositivos que incorporan tinta digital y que pueden ayudar a: fomentar la interacción, facilitar la preparación de contenidos, revisar actividades, proporcionar realimentación, etc. El proceso de correspondencia entre dominios (denominado

*domain mapping* en la parte central de la Figura 4-14) es el encargado de identificar aquellos conceptos donde una determinada característica o potencialidad de la tecnología pueda contribuir a apoyar un determinado componente del modelo instructivo.

La fase de *Análisis* proporcionaría las entradas al modelo que pueden ser clasificadas en distintas categorías, tales como:

- Las necesidades de aprendizaje que definen las metas más generales del curso, por ejemplo, sería muy distinto un contexto académico de grado frente a un contexto empresarial de formación para directivos.
- El perfil del estudiante que define sus principales características tales como: edad, nivel educativo, conocimiento previo, y variables sociológicas.
- Características generales del curso que describe sus principales rasgos: nivel, duración, enfoque (más teórico o más práctico, por ejemplo), y número de alumnos por grupo, entre otros.

Tal y como se comentó anteriormente, para facilitar el procesamiento de los mapas conceptuales generados por los profesores, se ha optado por generar un mapa instructivo suficientemente general pero destinado a representar un modelo de enseñanza basado en clase magistral (Figura 4-8), pues es todavía el enfoque más generalizado en nuestras titulaciones de ingeniería. Una vez elaborado, los distintos conceptos de ese mapa general se traducen en cuestiones que, ordenadas según la jerarquía del mapa de donde proceden, permiten elaborar un cuestionario completo que el docente, interesado en la tecnología, deberá responder antes de asistir a los talleres de formación correspondientes. El cuestionario completo se puede encontrar en el Anexo 1. El análisis de las correspondientes respuestas permite recoger los requerimientos instructivos de cada uno de los profesores, lo que genera un mapa específico donde aquellos conceptos, que representaban su enfoque instructivo particular, aparecen resaltados. La Figura 4-15 muestra un ejemplo de mapa conceptual creado a partir de las respuestas al cuestionario de un profesor que impartía un curso de informática industrial. En dicho mapa se han marcado en fondo más oscuro los conceptos correspondientes a su enfoque instructivo particular.



**Figura 4-15: Selección de conceptos en el mapa conceptual instructivo.**

Así, podemos observar que en ese contexto concreto el profesor presenta sus contenidos haciendo uso de documentos de texto, imágenes y presentaciones electrónicas; introduce actividades de aprendizaje en clase que son del tipo cuestiones abiertas y que hacen uso de documentos de texto y herramientas software; promueve la interacción con sus alumnos mediante preguntas a la audiencia y la compartición de contenidos entre grupos de trabajo y, finalmente, realiza la evaluación del estudiante mediante un registro de la actividad y la valoración del trabajo en equipo.

Una vez que el profesor ha definido los requerimientos instructivos de un curso, el proceso de correspondencia entre dominios se encarga de buscar los conceptos relacionados en el mapa del dominio tecnológico, en nuestro caso el de las TPC, para así poder generar las recomendaciones de uso pertinentes. En particular, nos centramos en el submapa de servicios (Figura 4-11) y, muy especialmente, en sus conceptos terminales, ya que son los que recogen las posibilidades formativas genéricas de las TPC. Siguiendo con el caso de informática industrial, encontramos correspondencias con los conceptos siguientes (en fondo más oscuro): presentaciones mejoradas, interacción, colaboración, realimentación, registro de actividad, lo que nos lleva a recomendar un conjunto determinado de servicios (en fondo más oscuro y sombreados), tal y como se señala mediante flechas en la Figura 4-16.

Todo el conjunto de relaciones lo hemos resumido en una tabla de recomendaciones (Tabla 4-4) que contiene tres columnas: la primera apunta las posibilidades concretas de uso de la tecnología; la segunda se refiere a las posibilidades formativas que introducen esas herramientas y, la tercera, señala los resultados que se esperan alcanzar en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### 4.3.3 Desarrollo, Implementación y Evaluación

A partir de las recomendaciones obtenidas y resumidas en la Tabla 4-4, se puede afrontar la fase de *Desarrollo*. Es aquí donde debemos abordar, entre otras cosas, la producción de nuevos recursos didácticos o, en su caso, la transformación de los ya existentes. La Figura 4-17 muestra un ejemplo de adaptación de contenidos en la asignatura Tecnología de Computadores (TCO), de la titulación ITIS, donde partiendo de la transparencia de la izquierda, utilizada en las clases convencionales, se ha pasado a una versión que contiene menos información y que, por tanto, se podrá completar en el aula haciendo uso de la tinta digital y de una herramienta de presentación que lo haga posible. La idea es que, de una forma mucho más interactiva, se llegue a los mismos contenidos. De forma similar, las colecciones de ejercicios usualmente distribuidos en forma de documentos (PDF en la mayoría de los casos) se pueden convertir en transparencias con espacios en blanco para contestar, y/o con estructuras (tablas) a rellenar mediante el lápiz. La Figura 4-18 muestra un ejemplo de este tipo de ejercicios planteado en la asignatura Estructura de Datos y Algoritmos (EDA), junto a la correspondiente contestación de una alumna, donde se

puede apreciar que la tinta digital se ha utilizado tanto para rellenar la tabla como para dibujar el correspondiente árbol binario.

Para la fase de *Implementación* se hace uso de las relaciones entre el submapa de servicios y el submapa de herramientas software con soporte para tinta digital, con el fin de proporcionar al docente ejemplos concretos de aplicaciones que sería recomendable utilizar. Esto genera una nueva asociación, representada en la Tabla 4-5. La elección final de una herramienta u otra dependerá de factores tales como el tipo y número de dispositivos disponibles, los sistemas operativos utilizados o las disponibilidades presupuestarias (herramientas gratuitas o de pago), entre otras.

La fase de *Evaluación* consistirá en analizar la incorporación de las TTD y comprobar que los objetivos planteados se han cumplido. Para ello se utilizarán tanto indicadores cuantitativos como cualitativos, ya que la opinión de los principales agentes en el proceso, estudiantes y profesores, es de suma importancia. Todo ello se abordará en el próximo capítulo de la tesis.

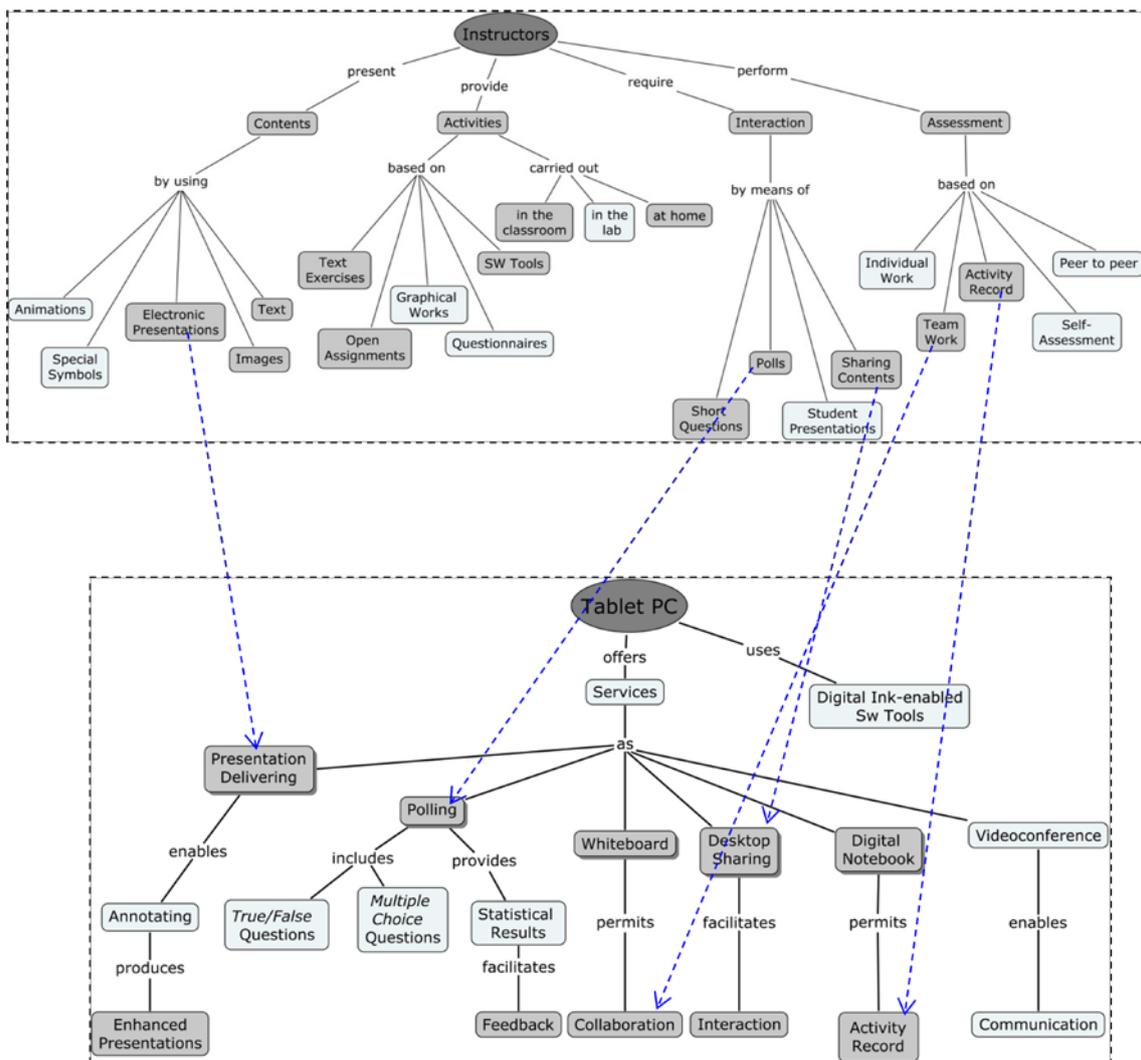


Figura 4-16: Esquema de correspondencias entre conceptos en los mapas instructivo y tecnológico.

Tabla 4-4: Recomendaciones de uso de las Tabletas PC en el proceso formativo

Uso de las tabletas PC	Posibilidades formativas	Resultados en el proceso de enseñanza-aprendizaje
Servicios de <b>difusión de presentaciones electrónicas</b> , que hacen uso de las funcionalidades de la tinta digital y podrían ser utilizados para:	Aumenta la flexibilidad del profesor mientras imparte clase, al poder realizar anotaciones sobre las presentaciones. Facilita la toma de notas de los estudiantes sobre las propias presentaciones. Simplifica el envío al profesor de las actividades realizadas en clase por los estudiantes, para su posterior revisión y discusión. Permite archivar en formato electrónico tanto las presentaciones anotadas como las entregas de los estudiantes.	Materiales didácticos enriquecidos y dinámicos. Mayor participación de los estudiantes en el proceso. Aprendizaje colaborativo (los estudiantes pueden aprender de las respuestas de sus compañeros). Comunicación mejorada con otros compañeros y con el profesor. Realimentación oportuna a los estudiantes y al mismo profesor.
Servicio de <b>escritorio compartido</b> , podría ser usado para:	Facilita el seguimiento de las lecciones por parte de los estudiantes y permite aumentar su atención, al introducir simulaciones por computador como actividades de aula. Posibilita que los estudiantes asuman el papel de profesor para realizar presentaciones al grupo.	Aproximación realista de la asignatura gracias al uso de herramientas de simulación. Implicación y cambio de rol de los estudiantes.
Servicios de <b>sondeos</b> , podrían ser utilizados para:	Permite mejorar la consecución de los logros de aprendizaje del estudiante. Aumenta el conocimiento del profesor sobre el grado de comprensión de los conceptos clave expuestos en las lecciones. Posibilita detectar malentendidos y proponer refuerzos.	Autoestima y confianza del estudiante. Realimentación oportuna a los estudiantes y al mismo profesor.
Servicio de <b>pizarra virtual</b> , podría utilizarse para:	Facilita la realización de trabajos en grupo. Mejora la comunicación entre sus miembros gracias al uso de un espacio virtual.	Aprendizaje colaborativo.
Servicios de <b>cuaderno digital</b> , podría ser usado para:	Permite recoger todas las actividades realizadas a lo largo del curso (a modo de portafolio). Facilita la revisión de las tareas de los estudiantes, proporcionándoles comentarios y sugerencias para su aprendizaje.	Implicación del estudiante. Seguimiento de la actividad del estudiante (evaluación continua).

Tabla 4-5: Recomendaciones de herramientas software

Uso de las tabletas PC	Herramientas
Servicio de <b>difusión de presentaciones electrónicas</b> ( <i>presentation delivering</i> )	- Classroom Presenter - Ubiquitous Presenter - Dyknow
Servicio de <b>escritorio compartido</b> ( <i>desktop sharing</i> )	- Adobe Connect - WizIQ - Yugma
Servicio de <b>sondeos</b> ( <i>polling</i> )	- Classroom Presenter - Ubiquitous Presenter - Dyknow
Servicio de <b>pizarra virtual</b> ( <i>online interactive whiteboard</i> )	- Vyew.com - Scribblar - Echalk
Servicio de <b>cuaderno digital</b> ( <i>digital notebook</i> )	- MS Office OneNote - Journal - Jarnal

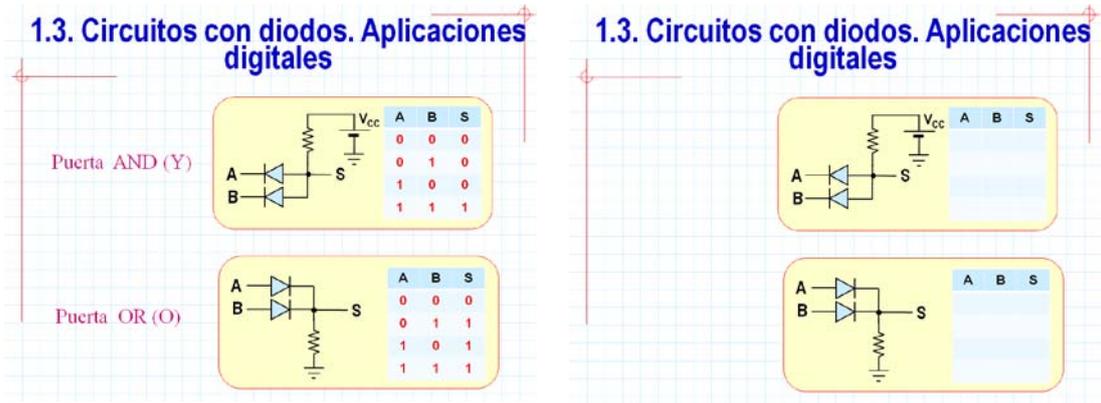


Figura 4-17: Transformación de contenidos para poder incorporar la tinta digital.

**Ejercicio H#4 (a)**

Dibújese el AB que se obtiene tras insertar en un Heap vacío, en el orden en el que aparecen a continuación, los siguientes enteros: 32,26,65,68,19,31,21,13,13,6 ¿Cuál sería el estado de elArray y talla tras cada inserción?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**Ejercicio H#4 (a)** SANDRA

Dibújese el AB que se obtiene tras insertar en un Heap vacío, en el orden en el que aparecen a continuación, los siguientes enteros: 32,26,65,68,19,31,21,13,13,6 ¿Cuál sería el estado de elArray y talla tras cada inserción?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	32									
26	32									
26	32	65								
26	32	65	68							
19	26	65	68	32						
19	26	31	68	32	65					
19	26	21	68	32	65	31				
13	19	21	26	32	65	31	68			
13	19	21	19	32	65	31	68	26		
6	13	21	19	13	65	31	68	26	32	

inicial 32  
26  
65

```

    graph TD
      6((6)) --- 13_1((13))
      6 --- 21((21))
      13_1 --- 19((19))
      13_1 --- 13_2((13))
      13_1 --- 65((65))
      19 --- 68((68))
      19 --- 26((26))
      19 --- 32((32))
      13_2 --- 68
      13_2 --- 26
      13_2 --- 32
      style 13_1 fill:none,stroke:none
      style 13_2 fill:none,stroke:none
    
```

Figura 4-18: Ejemplo de actividad diseñada para su realización mediante tinta digital.

A modo de conclusión podemos decir que, apoyados de nuevo por el modelo de diseño instructivo ADDIE, este enfoque ha permitido facilitar la incorporación de las TTD a contextos formativos genéricos, gracias al uso de mapas conceptuales para modelizar tanto los dominios formativo y tecnológico. Sin embargo, como limitaciones a este enfoque hemos de apuntar que la tabla de recomendaciones se genera de forma manual a partir de las correspondencias entre los conceptos de ambos dominios.

#### 4.4 Propuesta basada en patrones de diseño

La propuesta basada en modelado descrita anteriormente, constituye un ejemplo de diseño instructivo que proporciona, de una forma sistemática, estrategias en el diseño de procesos formativos que incorporan TTD, en su recorrido desde la fase de *Análisis* hasta la fase de *Evaluación*, según el modelo ADDIE empleado. En ocasiones, para resolver problemas particulares relacionados con los procesos de enseñanza-aprendizaje pueden seguirse estrategias más ágiles, en el ámbito de lo que se conoce en general como *Learning Design (LD)*. En general, el LD se refiere a la necesidad de guiar y dar soporte a los profesores en la preparación de escenarios de aprendizaje efectivos. Dentro del ámbito del LD se han desarrollado herramientas específicas denominadas “*pedagogical planners*” para ayudar a los docentes en su

planificación [183]. También en este ámbito se necesitan mecanismos de representación que actúen como elementos mediadores, al tiempo que ayuden a los docentes a tomar las decisiones adecuadas para así llevar a cabo las tareas específicas de enseñanza-aprendizaje [184]. Además, estos mecanismos de representación deben ayudar a relacionar los aspectos pedagógicos con las soluciones basadas en el uso de las TIC. En esta propuesta se introduce la utilización de **patrones de diseño** como mecanismos mediadores que resumen lo que, a partir de nuestras experiencias en el ámbito de la educación superior, podemos considerar buenas prácticas en el uso de las TTD. Una de las ventajas de los patrones de diseño es que suelen representarse de forma gráfica mediante esbozos o diagramas, de modo que resultan sencillos de interpretar por profesores que no tengan demasiados conocimientos en Informática.

El objetivo global de la introducción de estos patrones de diseño es que sean capaces de aportar soluciones concretas a problemas contrastados, pudiendo también ser utilizados como un complemento a la propuesta anterior. De nuevo, se podría utilizar el cuestionario descrito en la sección anterior para obtener una lista de requerimientos en los distintos ámbitos instructivos (contenidos, actividades, interacción y evaluación). Sin embargo, de esta forma el docente dispondría, además de las correspondientes recomendaciones, de una serie de patrones de diseño que le servirían de modelo para afrontar determinados requerimientos mediante una incorporación concreta de las TTD, y le ayudarían en su aplicación a un contexto particular. Por tanto, esta propuesta ofrecerá como resultado la definición de una serie de patrones de “tinta digital” que facilitan la aplicación de este tipo de tecnologías en los distintos contextos formativos. Adicionalmente, los patrones creados se organizarán según los ámbitos instructivos de los cuestionarios, de forma que se facilite su uso en los cursos o módulos a impartir.

#### 4.4.1 Concepto de patrón

El concepto de patrón de diseño surge en el campo de la arquitectura de la mano del arquitecto Christopher Alexander [185], como una manera de describir o representar de forma minuciosa una solución a un problema recurrente en el diseño arquitectónico. Este concepto de patrón fue después aplicado con éxito a otros ámbitos como la ingeniería del software [186][187], los sistemas hipermedia y aplicaciones Web [188][189], los entornos *e-learning* [190][191][192], o los propios ámbitos pedagógicos [192][194][195][196].

En este contexto, un patrón de tinta digital (“*digital-ink*”) describe un problema que se presenta con frecuencia en el ámbito formativo y propone una solución al mismo que ha demostrado su efectividad en entornos similares, apoyada en el uso de las TTD. A la hora de definir dicho patrón existen múltiples opciones o lenguajes que permiten caracterizarlo. Podemos encontrar propuestas como las de E-Len [190], P-Cel [192], Bergin [192] o el grupo Hillside [197]. Sin embargo, es posible recurrir a la definición original propuesta por Alexander [185] que, además de su simplicidad, aporta una componente gráfica para completar la representación de patrones. Esta misma idea se ha utilizado en notaciones de patrones hipermedia [188] o el diseño de sitios

Web [189]. En la Figura 4-19 se muestra un ejemplo de esbozo correspondiente a la solución aportada en un patrón denominado “Accesibilidad de un sitio” [189]. Dicho patrón pretende aportar alternativas de diseño de una página Web de modo que proporcione información accesible para personas con algún tipo de discapacidad. En el esbozo se incluyen fragmentos de texto “manuscrito” junto con elementos gráficos como representaciones de imágenes y marcas, aspectos todos ellos directamente trasladables al ámbito de la tinta digital. En este caso, se pueden aprovechar las funcionalidades de las TTD que, como se ha visto en la sección anterior, permiten entre otras cosas, anotar, marcar o resaltar determinados elementos de un contenido, así como la inserción de todo tipo de esquemas, diagramas o dibujos a mano alzada.

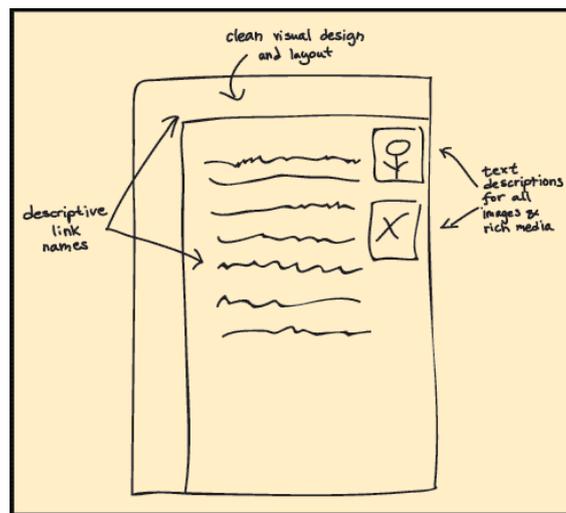


Figura 4-19: Esbozo del patrón “Accesibilidad de un sitio Web”.

Además de esta representación gráfica, el modelo de patrón “alexandriano” plantea una serie de atributos que completan la información del patrón. En la Tabla 4-6 se muestra la estructura de este tipo de patrón junto con la descripción de dichos atributos. Se trata de una estructura bastante simple y general, que resulta fácil aplicarla en ámbitos muy diversos, incluyendo las aplicaciones de uso de las TTD en los entornos formativos.

Tabla 4-6: Esquema de patrón general

<i>Nombre</i>	Identificador del patrón
<i>Contexto</i>	Una descripción del entorno de aprendizaje donde se ubica la aplicación del patrón.
<i>Problema</i>	Una exposición corta de la situación que se pretende resolver.
<i>Discusión</i>	Explicación de las motivaciones del problema tratado y su justificación.
<i>Solución</i>	Una descripción que resuma cómo resolver el problema planteado.
<i>Diagrama</i>	Un esbozo o “ <i>sketch</i> ” que esquematiza la solución de forma gráfica incluyendo etiquetas descriptivas.
<i>Relaciones</i>	Enlaces o referencias a otros patrones que pudieran ser útiles en el entorno de aprendizaje.
<i>Palabras clave</i>	Colección de términos que caracterizan aspectos específicos del entorno de aprendizaje.

#### 4.4.2 Definición de patrones de tinta digital

El siguiente paso para la definición del patrón “*digital-ink*” consiste en habilitar un mecanismo que permita su organización en categorías de manera similar a la propuesta por Van Duyne [189]. En este caso, se trata de utilizar el contexto formativo como punto de partida para establecer las diversas categorías o tipos de patrones que podemos utilizar en este ámbito. Para ello haremos uso de la modelización introducida en la sección anterior (Figura 4-8), donde se planteaban los diversos tipos de acciones que puede realizar un profesor, en el entorno de una clase basada en el modelo de lección magistral, y que estructuramos en cuatro grandes bloques: la gestión de *Contenidos*, la gestión de *Actividades*, los mecanismos de *Interacción* y los elementos de *Evaluación*. De acuerdo con la estructura anterior, se puede establecer una clasificación de patrones “*digital-ink*” que explotan el uso de las TTD para resolver los problemas típicos de los contextos formativos, según las categorías siguientes:

1. *Enriquecedor de Contenidos*: ayudan a los docentes a elaborar los materiales al proporcionar un valor añadido a un determinado contenido o recurso didáctico.
2. *Facilitador de Tareas*: representan acciones de aprendizaje habilitadas por el uso de mecanismos de tinta digital que promueven la realización de actividades con una mayor flexibilidad.
3. *Motivador*: se encargan de promover la interacción, tanto entre alumnos como con el propio profesor.
4. *Evaluador*: tienen como fin elaborar mecanismos que proporcionen información sobre los logros de aprendizaje del alumno y permitan su valoración.

Hay algunos métodos para detectar o producir patrones de aprendizaje [198], si bien la estrategia aquí adoptada parte de la modelización de las TTD realizada mediante mapas conceptuales, tal y como se describió en la sección 4.3.1. En particular, ha resultado especialmente útil el submapa conceptual de la tinta digital y sus posibilidades formativas (Figura 4-12). Por ejemplo, en dicho submapa se puede observar cómo la tinta digital habilita la entrada de caracteres “escritos a mano” que pueden servir para representar símbolos propios de disciplinas científicas como las matemáticas u otras. Del mismo modo, se puede observar en el submapa que la posibilidad de introducir trazos “a mano alzada” permite realizar esbozos (“*sketching*”), diagramas, marcas o cualquier otro tipo de representación gráfica, todo con una gran flexibilidad. Esta modelización también ha facilitado la selección de términos que conforman el atributo “palabras clave” en la estructura de patrón de diseño propuesto (Tabla 4-6). El proceso de conceptualización de las posibilidades formativas de la tinta digital se ha complementado con la observación de los entornos de aprendizaje en distintas disciplinas de nuestras ingenierías y, sobre todo, con la identificación de lo que se han revelado como buenas prácticas en la utilización de las TTD. Todo este proceso nos ha permitido generar un catálogo

de patrones de diseño de tinta digital, clasificados de acuerdo con las categorías anteriormente descritas, que se recoge en la Tabla 4-7:

**Tabla 4-7: Catálogo de patrones de tinta digital**

<b>Categoría</b>	<b>Nombre</b>	<b>Breve descripción</b>
<i>Enriquecedor Contenidos</i>	Ilustra tu obra	Algunos elementos de contenido deben aclararse mediante una explicación adicional o ser resaltados por medio de artefactos visuales.
	Foco de atención	Algunos elementos de contenido requieren ser localizados, señalando, subrayando o enmarcando cierta información (por ejemplo, señalando en un diagrama o subrayando una frase con un “marcador de color”)
	A medio hacer	Algunos recursos de contenido, como las presentaciones electrónicas, pueden ser completados dinámicamente utilizando entradas a mano alzada, para así mejorar la exposición y facilitar el seguimiento de los alumnos.
	Realidad aumentada	Algunos recursos de contenidos, tales como imágenes, secuencias de video o documentos, se pueden entender mejor si se añade sobre ellos algún elemento de información.
<i>Facilitador Actividad</i>	Busca las relaciones	Hay actividades que requieren establecer enlaces o relaciones sobre los elementos que la componen.
	A mano alzada	Algunas actividades implican la elaboración de un diagrama, el dibujo de un boceto o la introducción de una ecuación.
	Compartiendo esfuerzos	Varios estudiantes tienen que participar y colaborar para resolver una tarea, compartiendo e intercambiando información.
	Organiza tus ideas	Una actividad de aprendizaje puede requerir la elaboración de un mapa conceptual o un mapa de ideas.
	Rellenando huecos	Diferentes actividades pueden requerir la introducción de información en una estructura previamente preparada para ello (texto, tabla, diagrama, mapa...)
<i>Motivador</i>	Plantea tu pregunta	Utilizar contribuciones anónimas puede ayudar a aquellos estudiantes que sienten reparos por preguntar en público (este patrón podría estar relacionada con el patrón "foco de atención").
	Publica tu opinión	Los estudiantes pueden contribuir con sus puntos de vista en un tema de discusión.
	La audiencia responde	Para recoger las preferencias generales de los estudiantes o los conocimientos sobre un tema puede utilizarse un mecanismo de sondeo.
	Intercambiando mensajes	Los estudiantes deben comunicarse entre ellos durante una tarea que se realiza de forma colaborativa (este patrón podría estar relacionado con "compartiendo esfuerzos").
<i>Evaluador</i>	La respuesta correcta	Se solicita una respuesta rápida a un conjunto cerrado de preguntas (prueba objetiva).
	Juego de correspondencias	Se evalúa una actividad de aprendizaje basada en establecer correspondencias (este patrón podría estar relacionado con "busca las relaciones").
	Valorando una opinión	Se evalúa el punto de vista de un estudiante sobre un determinado tópico (este patrón podría estar relacionado con “publica tu opinión”).
	Atención a los errores	El profesor puede señalar o resaltar las correcciones efectuadas en los trabajos de los estudiantes (fijación de los errores más comunes).
	Buen trabajo	El profesor puede resaltar los puntos fuertes en los trabajos de los estudiantes (proporcionando un refuerzo positivo).

### 4.4.3 Aplicación de patrones de tinta digital

Una vez definido un conjunto de potenciales patrones, se trata de proponer su aplicación en un contexto formativo determinado. Para ello, el uso del modelo ADDIE podría ayudarnos nuevamente a formalizar y sistematizar el proceso aunque, como se dijo en la introducción de este punto, no será necesario en todos los casos. La primera fase del modelo consiste pues en analizar el contexto donde se aplicarán los patrones “*digital-ink*” y obtener los requisitos que pudieran caracterizar dicho contexto formativo. La obtención de los mismos podría realizarse mediante un mecanismo tipo “*checklist*”, compuesto por una serie de cuestiones que indaguen en las características del curso, sesión o, en general, en la experiencia formativa a considerar. La Tabla 4-8 plantea una serie de cuestiones que nos permiten determinar los requisitos de una experiencia concreta y que se agrupan según los cuatro bloques planteados en el mapa conceptual de la Figura 4-8.

**Tabla 4-8: Captura de requisitos sobre tinta digital**

<i>Contenidos</i>	Los documentos de texto del curso requieren marcas o señales especiales sobre los mismos.	<input type="checkbox"/>
	Los elementos gráficos (fotos, imágenes, diagramas, dibujos...) utilizados en el curso necesitan anotaciones o descripciones añadidas.	<input type="checkbox"/>
	Las presentaciones (diapositivas) del curso requieren anotaciones o “resaltados” de algunas informaciones.	<input type="checkbox"/>
	En el caso de utilizar una grabación de vídeo o secuencia “ <i>screencast</i> ”, hace falta señalar algunos de sus elementos.	<input type="checkbox"/>
<i>Actividades</i>	Los ejercicios planteados requieren fijar la correspondencia entre opciones o informaciones de texto.	<input type="checkbox"/>
	Los ejercicios / problemas del curso exigen la introducción de notaciones manuscritas (fórmulas, símbolos, diagramas...).	<input type="checkbox"/>
	Durante el curso (o asignatura) se trata de elaborar diagramas o figuras de forma colaborativa.	<input type="checkbox"/>
<i>Interacción</i>	El alumno puede realizar anotaciones o marcas en los recursos utilizados durante la clase.	<input type="checkbox"/>
	El alumno puede plantear preguntas de forma anónima.	<input type="checkbox"/>
	El alumno puede aportar su propia versión de la presentación de un tema.	<input type="checkbox"/>
	El alumno puede seleccionar (votar) alguna de las propuestas de soluciones de ejercicios aportadas por el profesor.	<input type="checkbox"/>
<i>Evaluación</i>	Se utilizan pruebas objetivas con cuestiones de opción múltiple.	<input type="checkbox"/>
	Se definen actos de evaluación que incluyen preguntas de respuesta abierta.	<input type="checkbox"/>
	Requiere la inclusión de notas por parte de los alumnos sobre los materiales del curso.	<input type="checkbox"/>
	El profesor puede realizar anotaciones o marcas sobre los materiales o trabajos elaborados por el alumno.	<input type="checkbox"/>

La distribución particular de los requisitos obtenidos permitirá abordar la siguiente fase en el método ADDIE, que consiste en diseñar los elementos que formarán parte de esa experiencia formativa. Dichos elementos proceden de la selección de contenidos y características generales de éstos, así como de la planificación y preparación de actividades de aprendizaje y/o de evaluación, que complementan a los correspondientes contenidos. En esta fase de *Diseño* resulta crucial la información procedente de los requisitos previamente analizados. Ello permitirá en primer lugar, seleccionar la categoría de patrones a considerar y, en segundo lugar, elegir

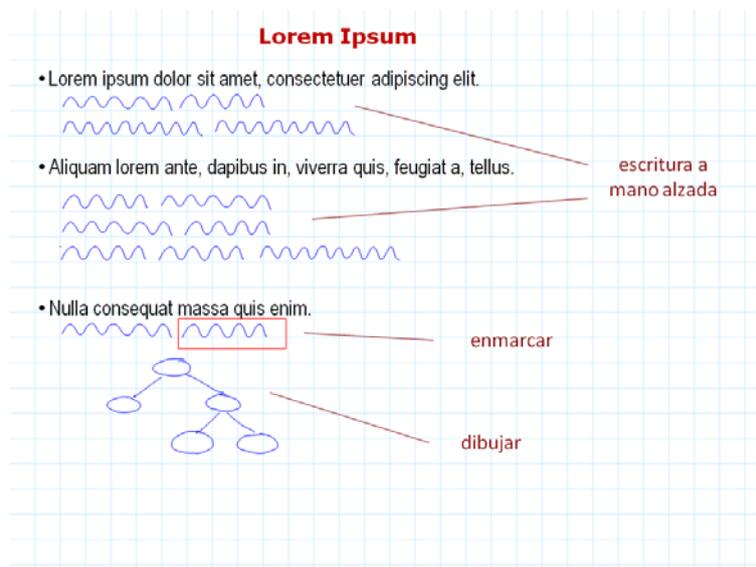
aquellos patrones de diseño que mejor se adapten a los requisitos capturados para resolver el problema introducido.

Si tomamos como ejemplo una clase magistral, o cualquier otro contexto donde el objetivo principal sea exponer determinados contenidos, es muy probable que nos apoyemos en el uso de presentaciones electrónicas. Sin embargo, en demasiadas ocasiones, se preparan diapositivas que contienen excesiva información. Esas presentaciones tan auto-contenidas podrían conducir a la pasividad de los estudiantes, que piensan que disponen de “toda” la información, o incluso dar la impresión de que el instructor se limita a leer los contenidos. En esta situación, se sugiere un ejemplo de patrón de tinta digital en la categoría de “Enriquecedores de Contenidos”, que hemos denominado “a medio hacer” (*half-baked*). Este patrón propone diseñar presentaciones “incompletas” de manera que las diapositivas incluyan solo los puntos principales a exponer, a modo de guión. De esa forma, se invita a los instructores a que las completen dinámicamente durante la sesión, incorporando anotaciones o dibujos realizados mediante tinta digital. Este enfoque reúne las ventajas del uso tradicional de la pizarra, al tiempo que facilita el que los estudiantes se concentren en el discurso del profesor, ya que no es necesario reproducir sus notas, pues quedan integradas en la versión final. Después de la sesión, la presentación junto con las anotaciones incorporadas, todo en formato electrónico, puede ser publicada en el repositorio de la asignatura. Este modelo requiere que el profesor sea ordenado y claro a la hora de ampliar los contenidos. Por supuesto, el patrón también requiere que las diapositivas dejen espacio suficiente para permitir un buen resultado. La Tabla 4-9 muestra una breve descripción de los atributos del patrón conforme a la definición general anterior (Tabla 4-6), que incluye en **negrita** términos que remarcan conceptos especialmente importantes.

**Tabla 4-9: Esquema del patrón “a medio hacer” (*half-baked*)**

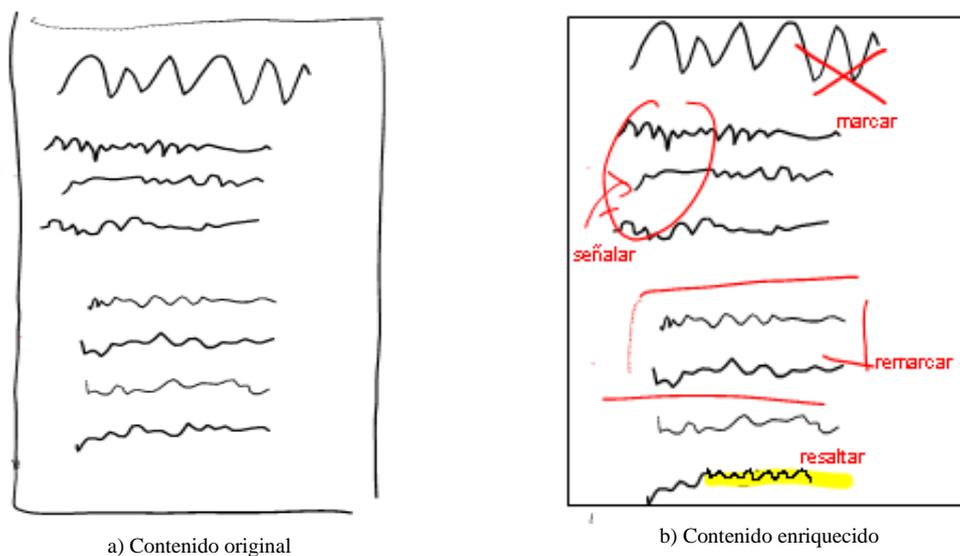
Nombre	A medio hacer ( <i>half-baked</i> )
Contexto	<b>Enseñanza</b> en una <b>clase</b> tradicional que utiliza <b>presentaciones electrónicas</b> para <b>exponer contenidos</b> .
Problema	Muchas sesiones de <b>teoría</b> se hacen aburridas y <b>difíciles de seguir</b> debido a <b>diapositivas sobrecargadas</b> .
Discusión	La <b>enseñanza</b> apoyada por <b>presentaciones electrónicas</b> es una técnica habitual pero la modificación de sus contenidos durante la exposición permitiría fijar la atención de los estudiantes en el <b>discurso del profesor</b> .
Solución	El <b>profesor</b> completa las <b>diapositivas “a medio hacer”</b> ( <i>half-baked</i> ) durante la exposición incorporando elementos instructivos (anotaciones, marcas de atención, ecuaciones, diagramas, dibujos...) con total flexibilidad.
Diagrama	Ver Figura 4-20
Relaciones	Ilustra tu obra, Realidad aumentada
Palabras clave	<b>Presentaciones electrónicas; contenidos teóricos; exposición; anotaciones; marcas de atención; esquemas; diagramas; dibujos;</b>

La Figura 4-20 representa, de forma esquemática, el patrón de diseño descrito en el ejemplo anterior que, como se puede observar, contiene etiquetas que hacen referencia a acciones formativas asociadas al uso de la tinta digital en el contexto del patrón.



**Figura 4-20: Esbozo del patrón “a medio hacer”**

De manera similar, la Figura 4-21 muestra el esbozo de otro patrón del mismo grupo que el anterior (“Enriquecedores de Contenidos”), denominado “*ilustra tu obra*”, que reúne algunas de las operaciones que podrían aplicarse sobre un documento de texto. Por ejemplo, se podría proporcionar una primera versión de contenidos de un tema en un formato de texto que podríamos llamar “plano” (Figura 4-21a), y una segunda versión que incorporara “marcas” sobre determinados elementos del texto (Figura 4-21b) para, por ejemplo, señalar alguna zona de interés, enmarcar una parte importante del contenido mostrado, o resaltar parte del mismo con un color claramente visible.



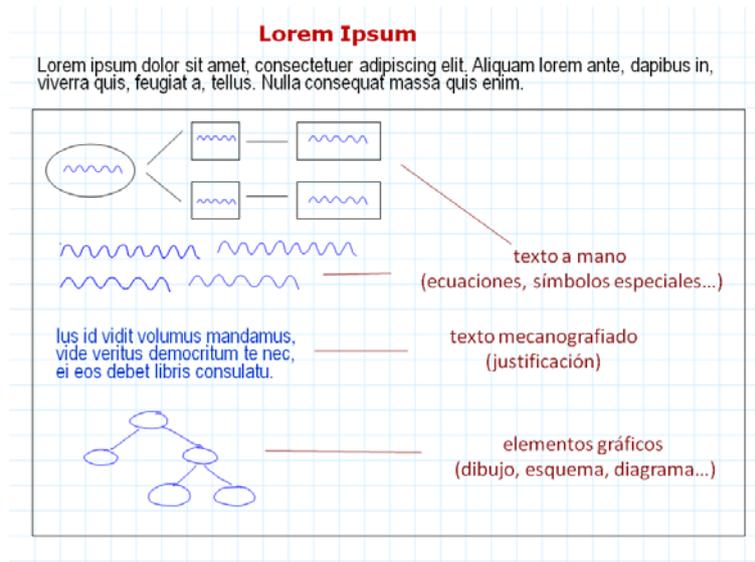
**Figura 4-21: Esbozo del patrón “ilustra tu obra”.**

En lo referente al diseño de actividades, los requisitos obtenidos en la fase de *Análisis* nos ofrece pistas sobre qué tipo de patrones del grupo “Facilitador Actividad” podrían ser más apropiados. Supongamos que una de las respuestas ha sido “los ejercicios / problemas del curso exigen la introducción de notaciones manuscritas (fórmulas, símbolos, diagramas...). En este caso, el patrón de diseño a emplear es el denominado “a mano alzada”. Se trata pues de producir actividades donde a partir de un determinado enunciado, el estudiante haga uso de las posibilidades gráficas de la tinta digital para elaborar su respuesta, sin las limitaciones típicas de las interfaces basadas en teclado y ratón. La Tabla 4-10 resume la descripción de los atributos del patrón.

**Tabla 4-10: Esquema del patrón “a mano alzada”**

Nombre	A mano alzada
Contexto	<b>Enseñanza</b> en una <b>clase</b> de <b>problemas / seminario</b> , donde los alumnos abordan la <b>resolución</b> de <b>actividades</b> , con la <b>tutorización</b> de un <b>profesor</b> .
Problema	La <b>resolución</b> de los <b>ejercicios</b> requiere en muchos casos el uso de elementos <b>gráficos</b> (diagramas, esquemas, dibujos, ecuaciones...), para lo que los <b>estudiantes</b> utilizan <b>bolígrafo</b> y <b>papel</b> . Esto obliga a reproducir la resolución en la <b>pizarra</b> para su <b>presentación</b> ante el <b>grupo</b> . El profesor debe recoger todos los papeles para su posterior evaluación.
Discusión	La elaboración de las <b>soluciones</b> en <b>formato electrónico</b> facilitaría su <b>entrega</b> al <b>profesor</b> para su posterior <b>presentación</b> ante el <b>grupo</b> (mediante un <b>proyector multimedia</b> ) y <b>evaluación</b> .
Solución	El <b>estudiante</b> elabora la <b>solución</b> a la actividad propuesta por el <b>profesor</b> con total <b>flexibilidad</b> mediante <b>tinta digital</b> y, tras completarla, la <b>entrega</b> al <b>profesor</b> a través de la <b>red</b> . Esto permite además una oportuna <b>realimentación</b> al <b>estudiante</b> .
Diagrama	Ver Figura 4-22
Relaciones	Publica tu opinión, valorando una opinión, atención a los errores, buen trabajo
Palabras clave	<b>Actividades; elementos gráficos; esquemas; diagramas; dibujos; discusión; realimentación;</b>

En este caso, el patrón descrito encuentra relaciones con patrones del grupo “Motivador” ya que las soluciones elaboradas por los estudiantes podrían presentarse ante el grupo para fomentar la posterior discusión. De modo similar, se relaciona también con patrones del grupo “Evaluador”, ya que el profesor puede valorar las contribuciones de los estudiantes y señalar tanto los errores como los puntos fuertes de las mismas. La Figura 4-22 representa esquemáticamente el patrón de diseño anterior con sus correspondientes etiquetas explicativas. Se puede observar que el patrón tiene dos partes bien diferenciadas, según el color utilizado. En color más oscuro se representa el enunciado, que está formado por una parte de texto y unos elementos gráficos. En color más claro se representa la respuesta del alumno que, además de texto a mano alzada o mecanografiado, y otros elementos gráficos, también a mano alzada, podría incluir cualquier tipo de información para completar los elementos gráficos del enunciado. En el diseño del patrón es muy importante habilitar un espacio bien definido para la respuesta.



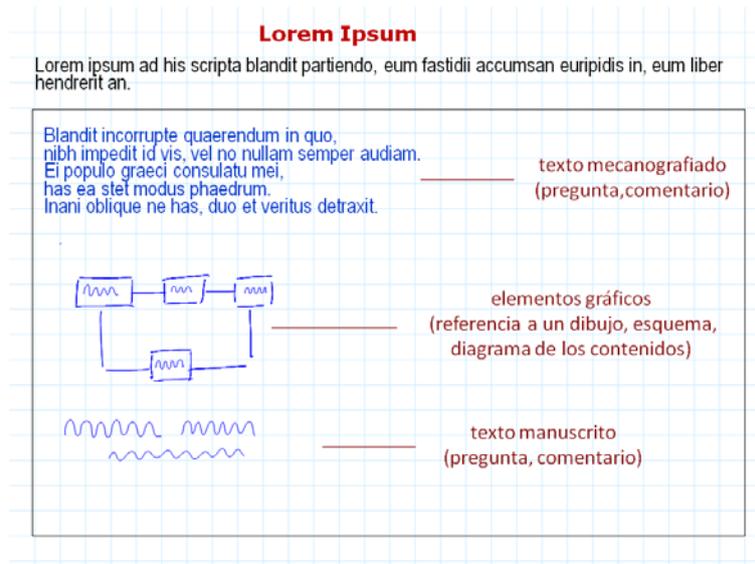
**Figura 4-22: Esbozo del patrón “a mano alzada”**

Supongamos que en la fase de *Análisis* se ha detectado que el grupo suele plantear pocas preguntas en las sesiones y que, por tanto, es conveniente incorporar un patrón del grupo “Motivador” para corregir esta situación. En este caso, se recomienda el uso del patrón de diseño “plantea tu pregunta”. La Tabla 4-11 resume la descripción de los atributos del patrón:

**Tabla 4-11: Esquema del patrón “plantea tu pregunta”**

Nombre	Plantea tu pregunta
Contexto	<b>Enseñanza</b> en una <b>clase convencional</b> con grupos que pueden sufrir <b>masificación</b> .
Problema	Algunos <b>alumnos</b> no son capaces de seguir la <b>exposición</b> del <b>profesor</b> y no acaban de <b>comprender</b> determinados aspectos. Sin embargo, sienten reparos en interpelar al profesor para plantear una <b>pregunta</b> en <b>público</b> .
Discusión	Aunque el <b>profesor</b> introduzca <b>pausas</b> para invitar a su grupo a plantear <b>preguntas</b> , son bastantes los que por <b>timidez</b> o <b>desconfianza</b> , prefieren guardar <b>silencio</b> . En grupos que sufren <b>masificación</b> el <b>problema</b> se suele agravar.
Solución	El <b>profesor</b> habilita mecanismos para plantear <b>preguntas</b> de forma <b>anónima</b> . El uso de la <b>tinta</b> digital añade flexibilidad a la hora de elaborarlas y los sistemas de <b>presentación</b> y <b>colaboración</b> facilitan su <b>gestión</b> .
Diagrama	Ver Figura 4-23
Relaciones	Publica tu opinión, atención a los errores
Palabras clave	<b>Preguntas; opinión; discusión; realimentación;</b>

La Figura 4-23 nos proporciona una idea gráfica del patrón anterior. En comparación con el patrón “a mano alzada” el enunciado se representa mediante texto y tiene menor protagonismo. La mayoría del espacio se habilita para facilitar que el estudiante construya su cuestión, comentario o duda. Para ello, puede utilizar tanto texto mecanografiado como a mano alzada, así como todo tipo de elementos gráficos.



**Figura 4-23: Esbozo del patrón “plantea tu pregunta”**

Para terminar esta sección se abordará el caso de los patrones del grupo “Evaluador”. Supongamos, por ejemplo, que en la fase de *Análisis* se han detectado errores comunes o malentendidos en determinadas partes de la asignatura. Entonces, resulta adecuado advertir al grupo de la existencia de esos errores e introducir las pautas para su corrección. Con este fin se recomienda el uso del patrón de diseño “atención a los errores”. La Tabla 4-12 resume la descripción de los atributos del patrón:

**Tabla 4-12: Esquema del patrón “atención a los errores”**

Nombre	Atención a los errores
Contexto	<b>Enseñanza</b> en una <b>clase</b> de <b>problemas /seminario</b> donde se aborda la <b>revisión</b> de las <b>actividades</b> realizadas por los <b>estudiantes</b> .
Problema	El <b>profesor</b> con <b>experiencia</b> en una asignatura conoce determinados aspectos de la misma donde los alumnos suelen tener dificultades, por lo que cometen con frecuencia unos errores bien tipificados.
Discusión	Aunque el <b>profesor</b> trate de focalizar la atención de los estudiantes en esos aspectos que resultan complicados, algunos estudiantes vuelven a caer en los mismos errores.
Solución	El <b>profesor</b> utiliza como <b>contraejemplo</b> aquellas respuestas de los alumnos que contienen ese tipo de <b>errores</b> y los señala de forma bien visible mediante tinta digital. Alternativamente incorpora como <b>modelo</b> a seguir la solución correcta.
Diagrama	Ver Figura 4-24
Relaciones	A mano alzada, plantea tu pregunta, buen trabajo
Palabras clave	<b>Actividades; errores; discusión; realimentación;</b>

El patrón anterior encuentra relaciones con patrones del grupo “Facilitador Actividad” y del grupo “Motivador” ya que tanto las soluciones elaboradas por los estudiantes (“a mano alzada”), como las cuestiones que ellos mismos plantean (“plantea tu pregunta”), pueden servir de

inspiración al profesor para detectar esos contraejemplos que serán presentados al grupo. Adicionalmente, el patrón está relacionado con otro patrón de su misma categoría “buen trabajo”, ya que el profesor puede utilizar respuestas correctas de otros compañeros para corregir ese tipo de errores, al tiempo que supone un refuerzo positivo para los alumnos utilizados como “modelo”. La Figura 4-24 representa un esquema del patrón de diseño anterior donde además del enunciado, se puede apreciar la respuesta elaborada por el estudiante (en color azul), los errores señalados por parte del profesor y una indicación de la respuesta corregida, todo ello en un color diferente para facilitar el seguimiento (en color rojo).

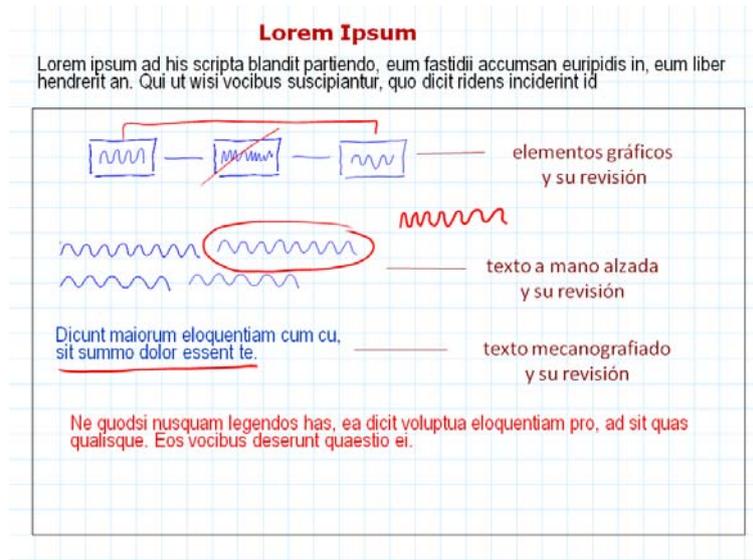


Figura 4-24: Esbozo del patrón “atención a los errores”

Una vez descritos con detalle distintos patrones de diseño “digital ink” en sus diferentes categorías, podemos abordar las restantes fases del modelo ADDIE que hemos tomado como referencia. De esa forma, continuaríamos con la fase de *Desarrollo* donde habría que elaborar los contenidos o actividades específicas a partir de las directrices proporcionadas por los patrones de diseño seleccionados, mientras que la fase de *Implementación* se ocuparía de trasladar dichos contenidos/actividades desarrolladas a un entorno o plataforma concretos.

Para el proceso de producción de nuestros contenidos haríamos uso de algunas de las herramientas software que aprovechan las potencialidades de la tinta digital, y que fueron introducidas en la sección 2.4. Por ejemplo, las últimas versiones de *MS Office* o de *Adobe Acrobat* han incorporado opciones que permiten la introducción de anotaciones manuscritas o elementos gráficos a mano alzada, mediante el uso del “lápiz”. También se describieron en la mencionada sección aplicaciones más específicas para editar documentos PDF, tales como *PDF Annotator*, *Bluebeam Revu* o la herramienta en línea *PDFescape*. En el caso de las presentaciones electrónicas, podríamos utilizar aplicaciones como *Classroom Presenter* o *DyKnow* que, como ya se ha explicado, permiten incorporar trazos a mano alzada sobre las

propias transparencias, para así completarlas durante la exposición. Además, en el caso de *Dyknow* la herramienta incluye una especie de “*player*” que permite reproducir los contenidos, tal y como fueron presentados y modificados por el creador de los mismos, sincronizados con la correspondiente información de audio, en su caso.

Las herramientas citadas anteriormente podrían también ser utilizadas para elaborar las actividades de aprendizaje y evaluación, si bien podríamos incorporar otras más específicas. Por ejemplo, las últimas versiones del sistema operativo Windows incluyen opciones de reconocimiento de escritura manuscrita, aunque generalmente vinculadas a la introducción de texto. De esta forma, patrones basados en el reconocimiento de escritura podrían servir para elaborar actividades donde se ejercitan las habilidades de escritura y se promueve su perfeccionamiento. El uso de herramientas de dibujo como *Sketchbook Pro*, u otras encuadradas en la sección 2.4.7 (software de “*sketching*”), podrían emplearse para realizar actividades relacionadas con patrones basados en elementos gráficos, que permitan generar algún tipo de esquema, o diagrama, propios de un ámbito determinado. Ejemplos de este tipo de herramientas son las aplicaciones *CircuitBoard* o *LogiSketch* para trabajar con circuitos lógicos; *Chempad* u *OrganicPad* para diagramas de moléculas; *FluidMath* o *MathPad2* para ecuaciones matemáticas; y *SketchUML* para modelos UML, entre otras.

En la mayoría de casos, se trata de aplicaciones de escritorio que se ejecutan de manera autónoma sin posibilidad de habilitar mecanismos de comunicación o compartición. Por tanto, sería interesante poder contar con aplicaciones que permitiesen desarrollar actividades bajo patrones para aprendizaje colaborativo. En este punto, existen diversas herramientas que permiten configurar pizarras electrónicas como *Scribblar* o *Scriblink*, pero también aplicaciones comerciales como *Adobe Connect* o *WizIQ* que incorporan la posibilidad de compartir documentos o aplicaciones sobre las que trabajar o realizar tareas.

Las figuras siguientes muestran ejemplos de actividades desarrolladas de acuerdo a algunos de los patrones de tinta digital del catálogo y que han sido utilizados en distintas asignaturas.

La Figura 4-25 muestra dos ejemplos de patrones de diseño de la categoría “Enriquecedor de Contenidos” utilizados en la asignatura TCO. La figura de la izquierda muestra la aplicación del patrón “a medio hacer”, donde se puede observar como el profesor ha completado la información original que contenía la transparencia, el esquema del circuito y un par de afirmaciones breves, con una breve argumentación realizada mediante tinta digital, que emplea una notación científica. Sin embargo, en el ejemplo de la derecha, los contenidos originales se han enriquecido fundamentalmente por la información añadida sobre el esquema del circuito, por lo que representa un caso de aplicación del patrón “realidad aumentada”.

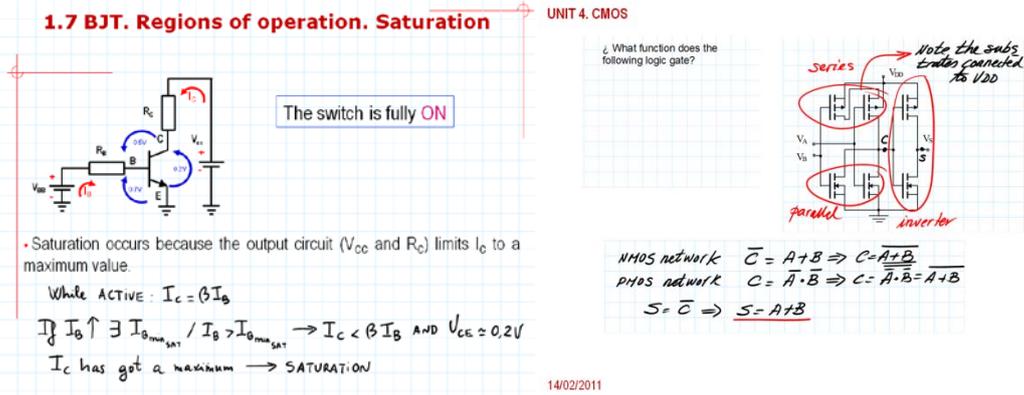


Figura 4-25: Ejemplos de uso de los patrones “a medio hacer” (izda.) y “realidad aumentada” (dcha.)

La Figura 4-26 muestra dos ejemplos de patrones de diseño de la categoría “Facilitador de Actividad” utilizados en dos asignaturas bien distintas. La figura de la izquierda muestra la aplicación del patrón “a mano alzada”, en la asignatura Gestión de la Seguridad, perteneciente a la titulación de Ingeniero en Organización Industrial, donde se puede observar como los alumnos completan el mapa de riesgos de una instalación, gracias a la versatilidad de la tinta digital. El ejemplo de la derecha ha sido utilizado en la asignatura EDA y representa un ejemplo del patrón “rellenando huecos”, donde se aprecia que el estudiante debe contestar una serie de preguntas rellenando los espacios habilitados para tal fin. La figura muestra igualmente las anotaciones del profesor para señalar los errores, lo que estaría relacionado con el patrón “Evaluador” que hemos denominado “atención a los errores”.

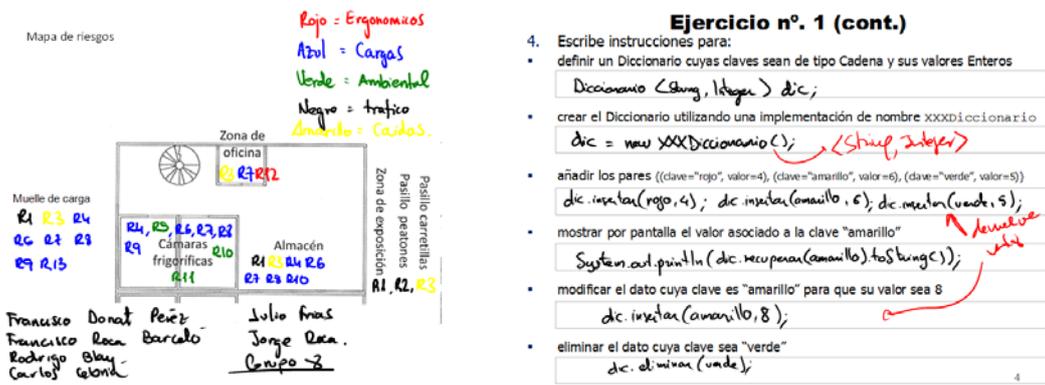


Figura 4-26: Ejemplos de uso de los patrones “a mano alzada” (izda.) y “rellenando huecos” (dcha.)

La Figura 4-27 muestra dos ejemplos de patrones de diseño de la categoría “Motivador” utilizados en la asignatura TCO. La figura de la izquierda muestra la aplicación del patrón “plantea tu pregunta”, tal y como se distribuye entre los alumnos, donde se aprecia que lo importante es un enunciado breve y claro, así como dejar suficiente espacio para que los estudiantes se puedan expresar. En el caso de la derecha, se ejemplifica el patrón que hemos denominado “la audiencia responde”, donde se puede observar que una típica actividad de respuesta múltiple se ha desarrollado pensando en la herramienta software que se va a utilizar en

la implementación. Dado que se hace uso de la utilidad “Polling” de la aplicación *Classroom Presenter*, se ha dejado un espacio a la derecha para habilitar la incorporación del histograma y, de esta forma, poder mostrar a la clase los resultados de la actividad, bastante buenos en esta ocasión.

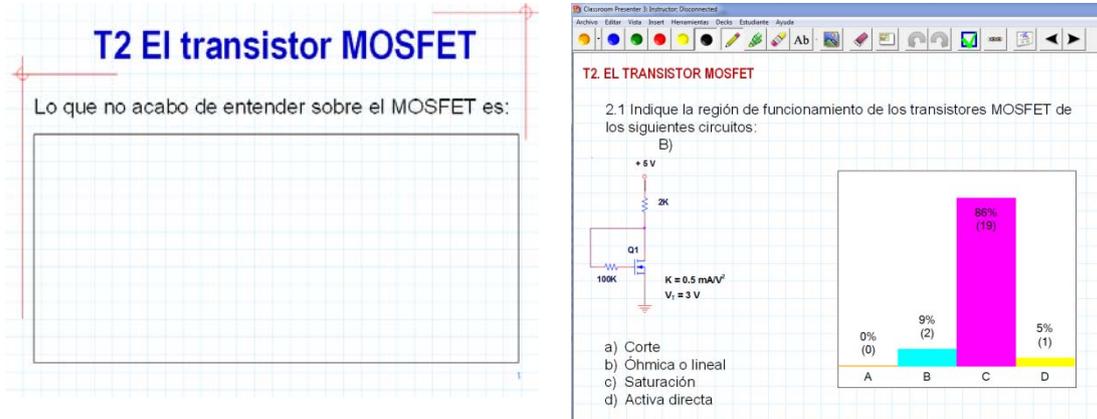


Figura 4-27: Ejemplos de uso de los patrones “plantea tu pregunta” (izda.) y “la audiencia responde” (dcha.).

La Figura 4-28 muestra dos ejemplos de aplicación del patrón de la categoría “Evaluador” denominado “atención a los errores”. En ambos casos el objetivo es utilizar la tinta digital para señalar aquellos aspectos de las respuestas de los estudiantes que se deben corregir. El ejemplo de la izquierda es una actividad realizada en una clase de *Alemán elemental para intercambio académico y profesional*, en la titulación de II, donde el profesor ha utilizado tinta de otro color para marcar los errores en un típico ejercicio de expresión escrita. La figura de la derecha muestra una actividad de programación realizada en la asignatura EDA. En este caso el profesor no solo señala los elementos incorrectos, sino que propone soluciones alternativas.

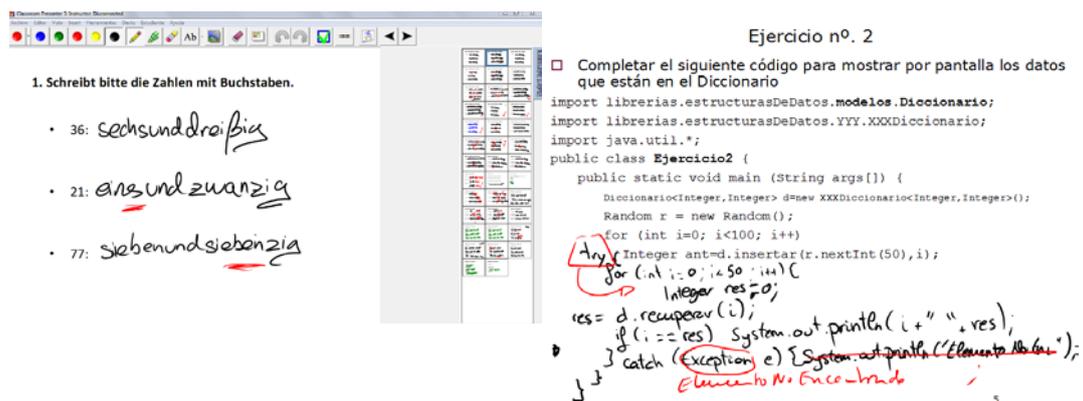


Figura 4-28: Ejemplos de uso del patrón “atención a los errores”

En el apartado de *Implementación* se requiere la incorporación de los contenidos y actividades desarrolladas a un entorno o plataforma de *e-learning*. En este punto es todavía más evidente la escasez de entornos Web que den soporte a las tecnologías de tinta digital y son pocas las iniciativas para integrar este tipo de tecnologías, casi todas ellas basadas en uso de productos de

pizarra compartida [199]. En esta línea, estamos desarrollando una serie de herramientas para habilitar el uso de la tinta digital en cuestionarios on-line [200]. Por un lado, se trata de permitir al alumno el uso de la tinta para generar una respuesta gráfica a cualquier tipo de cuestión. Por otro lado, se pretende que el docente pueda revisar dicha respuesta utilizando la tinta en otra capa haciendo uso de un color diferente, tal y como muestra la Figura 4-29.

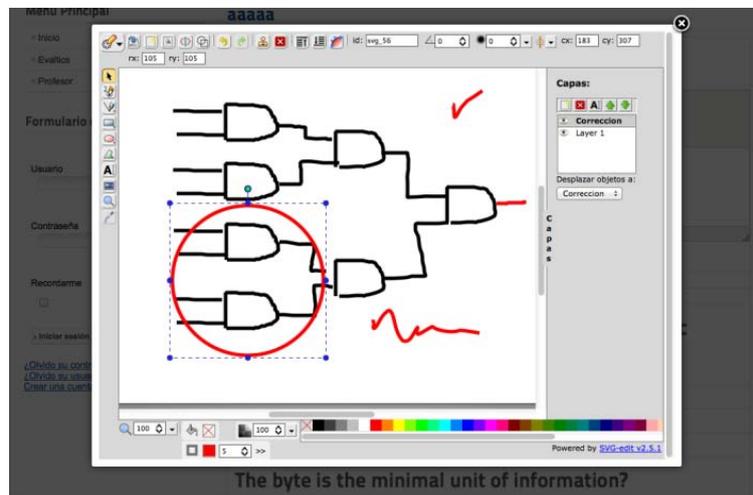


Figura 4-29: Editor vectorial que permite el uso de la tinta digital.

#### 4.4.4 Conclusiones

En este capítulo se ha utilizado el modelo de diseño instruccivo ADDIE como referencia para desarrollar las distintas propuestas metodológicas introducidas en esta tesis. En primer lugar, se ha descrito lo que hemos denominado **propuesta inicial**, que surge del análisis de la problemática de diferentes asignaturas de grado en nuestras ingenierías, y toma en consideración las posibilidades instructivas de las TTD, tanto desde el punto de vista del profesor como del alumno. Con el fin de conseguir una generalización de la propuesta que pueda adaptarse fácilmente a los requerimientos formativos de un contexto concreto, se ha introducido una segunda propuesta metodológica basada en la modelización de los entornos educativos mediante **mapas conceptuales**. Por último, se ha detallado una tercera propuesta que complementa la anterior, donde se propone la utilización de **patrones de diseño** como mecanismos mediadores que resumen lo que podemos considerar buenas prácticas en la incorporación de las TTD. En todos los casos, se han abordado las distintas etapas del modelo ADDIE, salvo la de evaluación que será considerada en el capítulo siguiente.

# Capítulo 5

## Evaluación de la propuesta

En el capítulo anterior se ha descrito una serie de propuestas metodológicas que facilitan la incorporación sistemática de las TTD en los procesos formativos. Es evidente que una vez diseñadas éstas, deberán implementarse, evaluarse y revisarse, para de esta forma conocer si se han alcanzado los objetivos planteados en la actuación. En este capítulo se presenta una evaluación detallada de las diferentes propuestas llevadas a la práctica a lo largo de la tesis doctoral.

### 5.1 Introducción

Tal y como se comentó en el primer capítulo, esta tesis tiene su punto de partida en el proyecto “*Improving effective learning in a first-year Computer Engineering course by using mobile Tablet PC technology*”, aprobado por HP para su financiación, en mayo de 2008. De hecho, las experiencias desarrolladas en el marco de este proyecto durante el primer semestre del curso 2008-09, en la asignatura optativa *Redes de Área Local*, representan nuestras primeras pruebas de uso de las TTD en el ámbito de la ingeniería informática en la UPV (Figura 5-1). Por tanto, la evaluación de las mismas constituye el germen de una primera propuesta metodológica, cuya revisión permitirá su posterior generalización.



Figura 5-1: Primeras experiencias de uso de las tabletas PC en un aula convencional.

La Tabla 5-1 muestra una representación temporal detallada de las principales actuaciones realizadas en el transcurso de este trabajo de investigación. En la fila superior se especifican, para cada uno de los cursos académicos, las diferentes experiencias en aula que serán analizadas en el capítulo y que permitirán valorar las propuestas, desde el punto de vista de su impacto en el aprendizaje de los estudiantes. Al mismo tiempo, éstas sirven como banco de pruebas para los profesores participantes. En la fila central se sitúan cronológicamente las distintas propuestas metodológicas que tienen como punto de partida el proyecto de HP antes citado, y de donde se deriva nuestra propuesta inicial basada en el modelo ADDIE, aplicada a un contexto concreto (asignaturas ATC y EDA). Con el fin de orientar la incorporación de las TTD a otros contextos, se introduce a continuación la propuesta basada en el modelado mediante mapas conceptuales. Por último, y con el fin de proporcionar a los docentes mecanismos más concretos para la correcta aplicación de este tipo de tecnologías, se incorpora la propuesta basada en la utilización de patrones de diseño. La última fila identifica los distintos talleres dirigidos a profesores que, fundamentalmente, permiten presentar y validar las propuestas metodológicas, desde la perspectiva del docente, su principal destinatario. Por otro lado, estos talleres han servido para difundir las posibilidades formativas de las TTD y son un vivero para potenciales nuevos casos de estudio, donde implementar las propuestas y obtener realimentación de las mismas.

La evaluación de las distintas propuestas se va a realizar siguiendo el orden cronológico de la investigación realizada durante los últimos 5 años. Por tanto, en primer lugar se evalúa la propuesta inicial basada en el modelo ADDIE que se aplica a un par de asignaturas bastante diferentes. Esta etapa nos servirá para detectar buenas prácticas así como aspectos a mejorar, generando un conocimiento que se integrará en las sucesivas propuestas. A continuación se procede a evaluar la generalización de nuestra propuesta mediante uso de mapas conceptuales, a partir del análisis de los datos recogidos en una serie de talleres dirigidos a profesores de distintas ramas de la ingeniería. El análisis continúa con la aplicación de las propuestas mejoradas a grupos convencionales de un par de asignaturas del grado de Ingeniería Informática (GII), durante tres cursos académicos, desde el 2010-11 hasta el 2012-13.

## **5.2 Metodología de Evaluación**

Existen enfoques muy distintos para evaluar propuestas de incorporación de las TICs en ámbitos educativos que van desde los basados en modelos cuantitativos frente a los cualitativos, los formativos frente a los sumativos, los que utilizan factores internos frente a los externos, y los basados en trabajos experimentales frente a los estudios etnográficos [201].

En nuestro caso, para la evaluación de las distintas propuestas metodológicas introducidas en este trabajo experimental, se plantea un enfoque mixto que incluye la recogida de información tanto cuantitativa como cualitativa. Ello nos va a permitir, por una parte, obtener datos numéricos objetivos de la bondad de las diferentes propuestas y, por otra, conocer el punto de

vista de los agentes implicados en las actuaciones, básicamente profesores y alumnos. Con este fin se ha elaborado una serie de cuestionarios con preguntas tanto de respuesta múltiple como abiertas.

**Tabla 5-1: Calendario de actuaciones en el trabajo de investigación**

		Curso académico					
		2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13
Experiencias en aula			Piloto ATC EDA		FCO_1 TCO_1	FCO_2 TCO_2	FCO_3 TCO_3
		Proyecto HP					
Propuestas metodológicas				Inicial			
				Modelado Mapas Conceptuales			Patrones Diseño
Talleres				ICE_10 ETSID_10 FINTDI_11 EPSA_11	ETSINF_12	ICE_13	

El capítulo comienza con la evaluación de las experiencias iniciales en aula desarrolladas en el marco del proyecto HP que, como se describirá, se aplican a un grupo piloto de la asignatura *Ampliación de Tecnología de Computadores (ATC)* y, con posterioridad, a un grupo convencional de la asignatura *Estructura de Datos y Algoritmos (EDA)*.

Para la definición del resto de experiencias docentes en aula, y dado que cuestiones de ordenación académica impiden asignar a los grupos experimentales muestras de alumnos totalmente al azar, se han utilizado los estudiantes matriculados en uno o varios grupos de las asignaturas implicadas, que son Fundamentos de Computadores (FCO) y Tecnología de Computadores (TCO). Se trata pues de grupos *intactos* o *naturales*, lo que se puede considerar un diseño *cuasi-experimental*. Por tanto, los análisis estadísticos planteados tienen el propósito de describir los resultados obtenidos en esos grupos y, aunque se comparen con otros grupos de la misma asignatura donde no se ha desarrollado la actuación (grupos de control), debemos ser conscientes de que además del impacto directo de las propuestas aplicadas, existen otras muchas variables que podrían influir en el éxito de los procesos analizados: perfil y número de alumnos, perfil del profesor y metodología empleada, horarios, y apoyo institucional para la implantación de las propuestas, entre otros.

Para evaluar las experiencias en aula se utilizan unos indicadores numéricos que pretenden analizar no solo el rendimiento académico de los participantes en las asignaturas, sino también su grado de actividad en el seguimiento de las mismas. Para ello, en los grupos experimentales

donde se ha incorporado el uso de las TTD, se realiza un estudio descriptivo calculando valores estadísticos de posición (media y mediana), y de dispersión (rango, intervalo intercuartil, desviación típica, error típico de la media, entre otros). Los valores obtenidos se compararán con los calculados para los grupos control, esto es, aquellos que han continuado con un enfoque tradicional y tienen características similares a los experimentales.

Para obtener información cualitativa sobre la opinión de los alumnos respecto a las experiencias desarrolladas y cómo éstas han influido en aspectos como la motivación, el tiempo dedicado a la asignatura o el aprendizaje, el instrumento introducido es un cuestionario tipo *Likert*. Adicionalmente, se utilizan cuestiones de respuesta abierta que permiten a los participantes tener una mayor libertad a la hora de valorar las propuestas, al tiempo que permiten aflorar aspectos que no fueron contemplados en la elaboración de los cuestionarios. Por último, para evaluar la influencia de la implantación concreta de las propuestas y obtener la percepción de los usuarios sobre la propia tecnología, se elaboró otro cuestionario donde se valoran aspectos como la usabilidad, la eficacia o la satisfacción general con la tecnología empleada.

Para evaluar la idoneidad de las propuestas metodológicas desde el punto de vista de los profesores, se ha diseñado otro cuestionario de tipo *Likert* donde los profesores interesados en las TTD, previamente a la realización de los correspondientes talleres, son preguntados sobre el enfoque metodológico de sus asignaturas (pre-cuestionario). Esos mismos profesores, una vez completado el taller, son invitados a responder a otro cuestionario para que valoren la idoneidad de las TTD en distintos aspectos de su modelo de enseñanza (post-cuestionario). El análisis estadístico de los valores obtenidos para las distintas dimensiones incluidas en los cuestionarios y, en particular, la correlación entre los mismos, nos permite determinar el grado de aceptación de las propuestas metodológicas.

### **5.3 Evaluación de la propuesta inicial**

En el marco del proyecto HP citado anteriormente, se planteó desarrollar un nuevo entorno educativo donde, apoyados por la incorporación de las TTD, se pudieran 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 y fomentar la interacción entre los distintos agentes; (c) incorporar estrategias de evaluación formativa que facilitaran una mejor y más oportuna realimentación a los estudiantes y, como consecuencia final, (d) mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Desde un primer momento, se decidió aplicarlo a una asignatura de primer curso (ATC) que, por un lado, representaba bien la problemática que se intentaba combatir y, por otro, mostraba un gran potencial para el uso de estas tecnologías, pues en ella era habitual el uso de gráficos, diagramas, esquemas, ecuaciones, etc., tal y como sucede en otras muchas materias de estudios de ingeniería.

### 5.3.1 Experiencia en la asignatura ATC

La asignatura objeto de este estudio está dividida en dos bloques temáticos principales. El primero parte de los conocimientos adquiridos en *Fundamentos Físicos de la Informática* (FFI) y se centra en dispositivos semiconductores: diodo, transistor bipolar y transistor de efecto de campo. El segundo bloque aborda el elemento nuclear de la asignatura, las familias lógicas, haciendo especial hincapié en las tecnologías CMOS.

#### Diseño experimental

Dado que uno de los condicionantes era no cambiar los logros de aprendizaje 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 (POD) de la asignatura asignaba, por semana, dos horas de clase de teoría y dos horas de clase de problemas. Cada grupo de teoría se dividía en dos grupos de problemas para favorecer así la participación del alumnado y la interacción con el profesor. Estos grupos de problemas solían tener hasta unos 40 alumnos matriculados, si bien en la práctica, no acudían regularmente a las sesiones más de 20 alumnos. En ambos grupos, el profesor tomaba 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.

Es así como, con el apoyo de la ETSINF, se decide formar un grupo experimental de 20 alumnos asignados a una aula convencional pequeña, dedicada típicamente a sesiones de problemas, donde cada uno de ellos dispone de una tableta PC, todas ellas conectadas a través de la red inalámbrica disponible en la UPV (Figura 5-2).



Figura 5-2: Detalle del aula utilizada por el grupo piloto en los cursos 2008-09 y 2009-10.

El reducido número de alumnos permitió eliminar la distinción entre sesiones de teoría y de problemas, típica en el resto de grupos de la asignatura. La Tabla 5-2 resume los datos principales de esta primera experiencia en aula.

**Tabla 5-2: Resumen de datos de la experiencia en el grupo piloto de ATC**

<i>Ampliación de Tecnología de Computadores (ATC)</i>	
Titulación	ITIS
Carácter	Obligatoria
Curso / Duración	Primero / Semestre B
Año académico	2008-09
Grupo / Horario	Piloto / Mañana
# Matriculados	20
# Asistentes	18

Desde el punto de vista metodológico, la primera apuesta fue dedicar no más de un 25% del tiempo de una sesión de aula 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 participantes se ha centrado en:

- Reducir los contenidos de las presentaciones a lo que se considera fundamental.
- Seleccionar las herramientas disponibles apropiadas (como el simulador *PSpice*) y/o producir recursos didácticos específicos (vídeos, animaciones, *applets Java*) que ayuden al estudiante a complementar las exposiciones del profesor, insistiendo en aquellos aspectos más difíciles de comprender. La Figura 5-3 muestra dos ejemplos de este tipo de recursos [202][203][204].
- Diseñar ejercicios y problemas que permitan aplicar los conceptos presentados y así obtener niveles superiores de aprendizaje.
- Diseñar pruebas de evaluación formativa que permitan comprobar frecuentemente la consecución de los objetivos de aprendizaje planteados y, de esta forma, poder proporcionar la realimentación correspondiente.

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



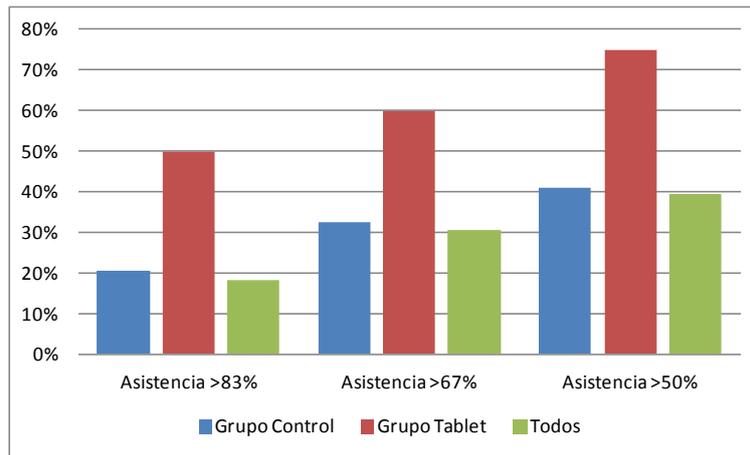
Figura 5-3: Vídeos cortos (polimedias) para reforzar las sesiones de aula y laboratorio.

Con el fin de conseguir una evaluación más objetiva se decidió utilizar como indicadores la asistencia a clase y el rendimiento académico global en la asignatura. Para obtener la información del primero de ellos, la ETSINF dispone, para los alumnos de primer curso, de un sistema de control de firmas 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 *Tablet* se evalúan de la misma forma que el resto de grupos, a excepción de la llamada nota de actividad del estudiante, 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 numerosas pruebas específicas de evaluación realizadas a lo largo del cuatrimestre, han permitido realizar una asignación más objetiva de esta nota.

**Análisis estadístico**

En la Figura 5-4 se representan los índices de asistencia en los distintos grupos analizados, donde se puede observar que la asistencia a clase en el grupo *Tablet* aumentó considerablemente, doblando prácticamente los ratios obtenidos en el resto de grupos. Si consideramos como dato de referencia un valor intermedio del 67% (asistencia a dos tercios del total de sesiones), un 60% de los alumnos en el grupo *Tablet* lo cumplen, frente a un 32% en el grupo *Control*, o un 30% si se consideran todos los grupos (*Todos*).

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



**Figura 5-4: Tasas de asistencia en el grupo *Tablet* vs el resto (ATC, curso 2008-09).**

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

Tal y como muestra la Figura 5-5, un 40% de los alumnos del grupo *Tablet* superaba la asignatura, frente a alrededor de un 20% que lo hacía tanto en el grupo *Control* como en el grupo *Todos*. Aunque el porcentaje de alumnos aprobados en el grupo *Tablet* podía considerarse todavía muy bajo, resultaba esperanzador al compararlo con los resultados del resto de grupos, habitualmente peor durante los anteriores cursos académicos. Por otra parte, cabe destacar el alto número de presentados a los exámenes, que en el caso del grupo *Tablet* alcanzó el 80%, cifra muy superior a la que, año tras año, se daba en la asignatura, y que se repetía ese curso para el resto de grupos (*Todos*), donde apenas superaba el 40%. Pese a que los resultados reflejan que la mitad de los alumnos del grupo experimental no logran superar la asignatura, consideramos un indicio de compromiso el hecho de presentarse, y creemos que es un gran avance respecto al frecuente abandono de la asignatura. Además, los alumnos del grupo *Tablet* que superaron la asignatura obtuvieron 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 lo que respecta a las encuestas realizadas tanto a mitad de la experiencia como al final de la misma, los alumnos de ATC valoraron muy positivamente el nuevo enfoque. Tal y como muestra la Figura 5-6, los estudiantes destacaron especialmente la influencia positiva que ha tenido en aspectos tales como la asistencia a clase (85%), el trabajo en la asignatura (85%), o el nivel de aprendizaje logrado (77%). Quizás el principal inconveniente que destacan es que la tableta PC supone, no pocas veces, una “invitación” a la distracción (15%), pues pueden navegar libremente por Internet. A modo de conclusión y pese a los inconvenientes, es destacable el hecho que la mayoría de los participantes en el grupo *Tablet* (92%) no dudaría en recomendar la experiencia a un compañero.

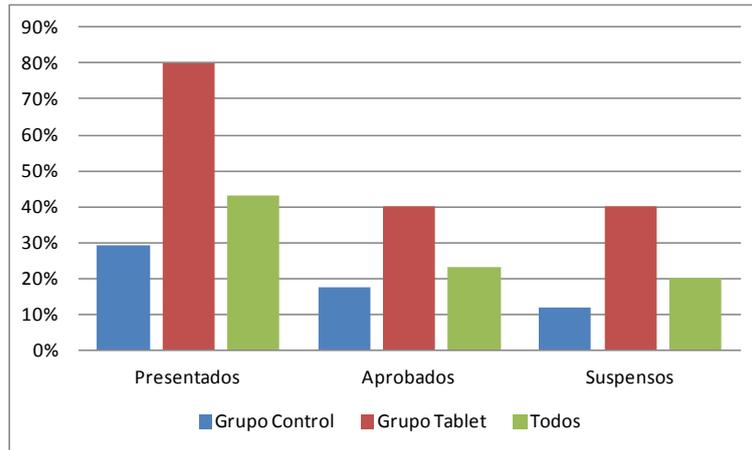


Figura 5-5: Rendimiento académico en el grupo Tablet vs el resto (ATC, curso 2008-09).

El análisis del caso anterior sirvió para adaptar las nuevas experiencias realizadas durante el curso 2009-10 a un nuevo grupo piloto de ATC, con unas condiciones y resultados muy similares a las expuestas en esta sección. No obstante, creemos de mayor interés fijarnos en que, en ese mismo curso, la propuesta se extendió a un grupo convencional de EDA, una asignatura impartida por un departamento distinto (Sistemas Informáticos y Computación, DSIC), que pasamos a describir.

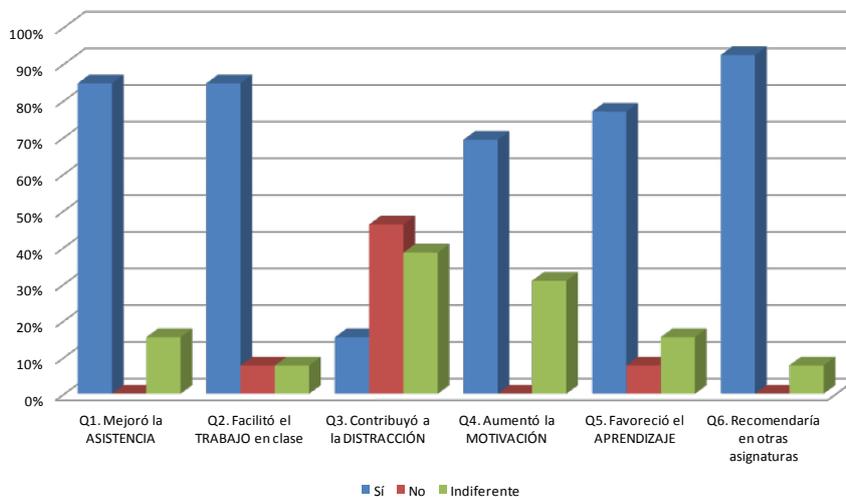


Figura 5-6: Resumen de la encuesta de opinión al alumnado (ATC, curso 2008-09).

### 5.3.2 Extensión de la propuesta inicial

El objetivo general de la asignatura EDA es facultar a los estudiantes en todos los aspectos concernientes a la programación en mediana escala siguiendo el modelo imperativo orientado al diseño de datos de Java. Específicamente, la asignatura pretende que el alumno/a conozca las estructuras de datos lineales, jerárquicas y grafos, y sepa implementarlas en el lenguaje Java. Además, al finalizar el curso debe ser capaz de aplicar e implementar en este mismo lenguaje, esquemas algorítmicos, iterativos y recursivos, de resolución de problemas de complejidad

media, sabiendo elegir, en base a criterios de eficiencia, las estructuras de datos y esquemas algorítmicos más adecuados.

### Diseño experimental

Respecto al POD, se trata de una asignatura obligatoria de 12 créditos de segundo curso, perteneciente a un área de conocimiento distinta a la anterior y, por tanto, impartida por otro departamento, el de Sistemas Informáticos y Computación. Los créditos de EDA se impartían en dos sesiones semanales en aula, de teoría y problemas, con una duración de hora y media, cada una, y una sesión quincenal de dos horas de prácticas en el laboratorio. La Tabla 5-3 resume los datos principales de esta experiencia.

**Tabla 5-3: Resumen de datos experiencia en EDA**

<i>Estructura de Datos y Algoritmos (EDA)</i>	
Titulación	ITIG /ITIS
Carácter	Obligatoria
Curso/Duración	Segundo /semestre B
Año académico	2009-10
Grupo / Horario	Convencional / Tarde
# Matriculados	63
# Asistentes	30

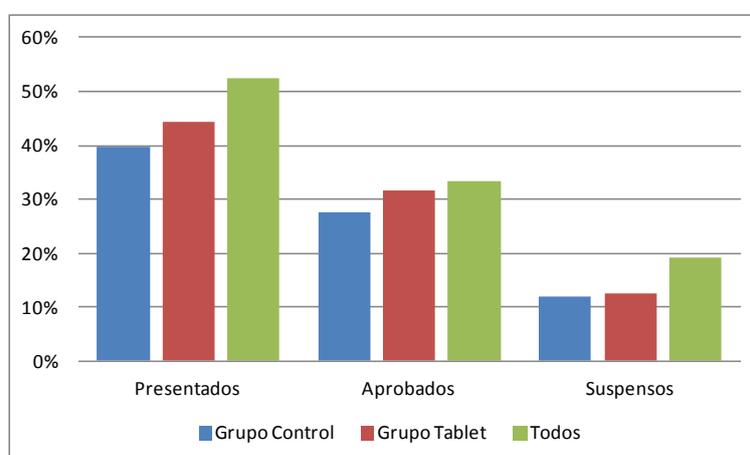
El número de alumnos matriculados en la asignatura durante el curso 2009-10 era de 433, repartidos en 7 grupos para las clases de teoría y problemas, y 21 grupos de laboratorio. El uso de las TPC se realizó concretamente en el grupo 2D, durante las sesiones de aula del segundo cuatrimestre. Dado que el número de alumnos en clase era del orden de 30, se realizaron grupos de dos alumnos compartiendo el mismo equipo. Como era habitual en los grupos de tarde, la mayoría de los alumnos que asistían a clase compatibilizaban el trabajo y los estudios y, en muchos casos, habían estado previamente matriculados en la asignatura. El grupo 2H se tomó como grupo control, al tener características semejantes al experimental.

El uso de las TPC junto con la aplicación *Classroom Presenter* permitió la planificación de unas clases en las que el alumno tenía una mayor participación. Cada clase se iniciaba con una explicación del profesor basada en unas transparencias básicas previamente desarrolladas y, haciendo uso de la tinta digital, el profesor las iba enriqueciendo a lo largo de la sesión, bien añadiendo algún ejemplo, subrayando los aspectos más importantes o incorporando la explicación de alguna duda planteada en clase. Además, los alumnos podían tomar sus propias

anotaciones de forma que, al finalizar la clase, disponían de inmediato de la documentación que se había ido construyendo dinámicamente a lo largo de la clase.

### Análisis estadístico

En la Figura 5-7 se puede apreciar que los resultados obtenidos en el grupo *Tablet* son ligeramente mejores que los del grupo *Control*, tanto en porcentaje de presentados (un 45% frente a un 40%), como de aprobados (un 32 % frente a un 28%, respecto de matriculados). Sin embargo, esta afirmación deja de ser válida en esos mismos indicadores cuando se compara con el resto de grupos (*Todos*), debido al hecho que algunos grupos con horarios de mañana han obtenido mejores resultados siguiendo el enfoque tradicional. Conviene señalar que los alumnos de esos grupos suelen disponer de más tiempo para seguir las asignaturas que los de grupos de tarde y, adicionalmente, el número de repetidores suele ser más bajo.



**Figura 5-7: Rendimiento académico en el grupo *Tablet* vs el resto (EDA, curso 2009-10).**

Después de un trimestre utilizando en clase las TPC se les pasó la misma encuesta que a los alumnos de ATC, con el fin de conocer su opinión sobre la experiencia. Los resultados de cada pregunta se muestran en la Figura 5-8, siendo lo más destacable que un 88% de los alumnos creen que las TPC han facilitado el trabajo en clase, un 65% afirma que favorecieron el aprendizaje y, a modo de conclusión, un 88% recomendaría este tipo de enfoques en otras asignaturas.

### 5.3.3 Resumen

Para resumir estas primeras experiencias en aula vamos a considerar por un lado la valoración de los alumnos participantes en las mismas y, por otro, la de los profesores implicados. Las encuestas de opinión utilizadas tanto en la experiencia de ATC como en la de EDA, incluían además preguntas de respuesta abierta sobre los aspectos positivos y negativos que destacarían de la experiencia, así como sugerencias de mejora. El análisis de estas respuestas nos servirá también para elaborar el cuestionario final de valoración a responder por los alumnos (Anexo 4). La Tabla 5-4 resume los aspectos que más se han repetido en ambas asignaturas.

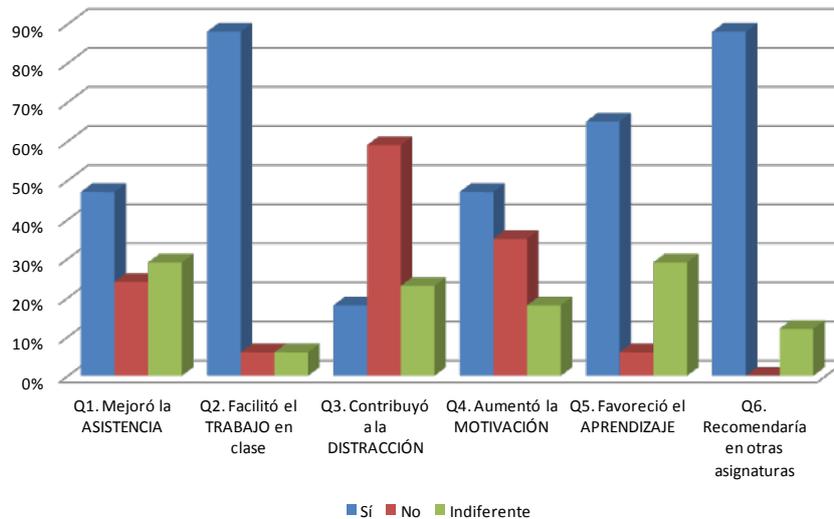


Figura 5-8: Resumen de la encuesta de opinión al alumnado (EDA, curso 2009-10).

Tabla 5-4: Resumen de las respuestas abiertas de los estudiantes en las experiencias de ATC y EDA

Aspectos positivos	Aspectos negativos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor interacción profesor-alumno</li> <li>• Revisión inmediata por parte del profesor de los ejercicios realizados en clase</li> <li>• Clases más amenas</li> <li>• Disponibilidad inmediata de las anotaciones que realiza el profesor o el alumno sobre las transparencias</li> <li>• La posibilidad de compartir y comparar soluciones con los compañeros de forma ágil</li> <li>• Envío anónimo de ejercicios y dudas</li> <li>• Facilita la mayor participación del alumno en clase</li> <li>• Permite dedicar menos tiempo a tomar apuntes y más a atender</li> <li>• Ahorro de papel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de tiempo al inicio de clase: arranque, conexión en red</li> <li>• Distracción en clase</li> <li>• Fallos en la red inalámbrica</li> <li>• Falta de carga de las baterías al inicio de las sesiones y ausencia de enchufes para la recarga</li> <li>• Tener que usar 1 tableta PC cada 2 alumnos</li> <li>• Imposibilidad de utilizar otra pizarra a la vez que sigues las traspas del profesor</li> <li>• El manejo del lápiz resulta incómodo excepto para dibujar y escribir</li> </ul>
Sugerencias de mejora	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que cada alumno disponga de una tableta PC en lugar de tener que compartirla</li> <li>• Formación previa a los alumnos en el uso de la aplicación <i>Classroom Presenter</i></li> <li>• Adecuar mejor los materiales a este tipo de clases</li> <li>• Publicar los materiales generados durante las sesiones en formatos estándar</li> <li>• Ampliar este tipo de clases al resto de asignaturas</li> </ul>	

El análisis realizado por los profesores, una vez finalizadas estas primeras experiencias en aula, se resume en una serie de recomendaciones:

- Necesidad de diseñar una programación precisa de las actividades que incluya, por un lado, el tiempo asignado para su realización, para evitar en lo posible las distracciones

y, por otro, un abanico suficientemente amplio de las mismas que permita atender a la diversidad.

- Conveniencia de incorporar parte de las actividades de aula como evaluables en la nota final de la asignatura, para de esa forma estimular a los estudiantes menos participativos.
- Conveniencia de publicar, en el sitio web de la asignatura, una selección de los materiales generados durante las sesiones (presentaciones mejoradas y soluciones a los ejercicios).
- Conveniencia de una formación previa en el uso de las herramientas de TTD no solo a los profesores sino también a los alumnos.
- Necesidad de una gestión ágil en el mantenimiento de los equipos y de asegurar la calidad de servicio en la conexión de red.

Si bien la propuesta inicial evaluada en esta sección ha sido desarrollada en unas condiciones muy particulares (grupo piloto) y en un contexto formativo concreto, las lecciones aprendidas han sido de gran utilidad para las propuestas metodológicas siguientes. Tanto las reflexiones de los estudiantes como las recomendaciones de los profesores se considerarán, en la medida de lo posible, en las sucesivas experiencias de aula llevadas a cabo en los cursos siguientes. Es importante subrayar que en este caso se aplicarán a grupos convencionales, como se describe más adelante en este capítulo.

## **5.4 Evaluación de la propuesta basada en modelado**

Con el fin de generalizar la propuesta inicial basada en el modelo ADDIE se ha introducido una propuesta basada en la modelización mediante mapas conceptuales. Para evaluar esta propuesta, por una parte se contempla el papel de los profesores a quien va dirigida principalmente y, por otra, se prosigue con la valoración de las experiencias docentes en aula. Sin embargo, en este caso se aplican a grupos convencionales del nuevo título de GII que, como se verá, constituye una situación bastante distinta a la presentada en la sección anterior. El análisis se aplica a dos asignaturas de primer curso (FCO y TCO) que han tenido grupos experimentales con TPC durante los tres últimos cursos, desde la implantación del GII en el curso 2010-11.

### **5.4.1 Evaluación por los profesores**

Con el fin de evaluar la propuesta metodológica basada en mapas conceptuales entre los profesores universitarios, se ha llevado a cabo una serie de talleres dirigidos a este colectivo que, además de presentar la misma, nos ha permitido obtener la correspondiente realimentación con la que plantear la evolución y mejora de dicha propuesta.

Aunque la duración de los talleres oscila entre las dos y las cuatro horas, según los casos, comparten siempre un planteamiento común y una orientación eminentemente práctica. Para tal

fin, cada participante dispone, durante todo el taller, de un equipo dotado con capacidades de tinta digital, bien sea una tableta PC o un equipo convencional conectado a una tableta gráfica, del tipo de las descritas en la sección 2.2.2., siempre convenientemente configurado y conectado en red.

Previamente a la celebración del taller, los asistentes reciben una documentación sobre el mismo al tiempo que son invitados a contestar un cuestionario de 20 ítems (pre-cuestionario). Dicho cuestionario (Anexo 1) se ha elaborado a partir del mapa conceptual instructivo simplificado, descrito en la sección 4.3.1, y es el instrumento con el que se pretenden recoger los requerimientos instructivos de cada uno de los docentes en el contexto de una asignatura concreta. Estos requerimientos están relacionados con las cuatro dimensiones introducidas en el capítulo anterior y se refieren más concretamente a actuaciones en las sesiones de aula:

1. **Contenidos:** recursos utilizados en su presentación.
2. **Actividades:** tipos y herramientas utilizadas.
3. **Interacción:** planteamientos incorporados.
4. **Evaluación:** estrategias introducidas.

Los talleres comienzan siempre con una breve introducción a las TTD que procura familiarizar a los asistentes con estas tecnologías. A continuación, se presenta una simplificación del mapa conceptual tecnológico, haciendo especial énfasis tanto en el submapa de los servicios de estos dispositivos (Figura 4-11), como en el submapa de tinta digital (Figura 4-12). Todo ello permite conocer a los asistentes, desde una perspectiva aplicada, las principales posibilidades instructivas de las TTD. Por último, se muestra una serie de ejemplos concretos de uso en distintas áreas de conocimiento, principalmente en el ámbito de las ingenierías. En los talleres de mayor duración, se incluye una última parte donde los participantes elaboran propuestas de uso de las TTD en sus asignaturas, para su posterior puesta en común y discusión. En cualquiera de los casos, antes de terminar el taller, los participantes son invitados a valorar la idoneidad de las posibilidades instructivas de estos dispositivos en sus contextos particulares. Para ello, deben contestar un cuestionario de 8 ítems (post-cuestionario), disponible en el Anexo 2.

La Tabla 5-5 resume los datos más relevantes de los talleres realizados durante los tres últimos años, siguiendo el esquema descrito anteriormente. En general los talleres se ofertaban como parte del programa general de formación del profesorado organizado por el ICE de la UPV, como fue el caso de los talleres números 1 y 6 (para el campus de Valencia) o el número 4 (campus de Alcoi), si bien en otros casos (números 2 y 5) se incluían en los programas de formación específicos de algunas escuelas (Figura 5-9). Un caso particular lo representa el taller número 3, ya que fue ofertado a los asistentes de la segunda conferencia internacional en *Fomento e Innovación con Nuevas Tecnologías en la Docencia de la Ingeniería (FINTDI)* organizada, entre otros, por el capítulo español de la Sociedad de Educación de IEEE. En total han participado más de un centenar de profesores de muy diversas áreas de conocimiento si

bien, en su gran mayoría, impartían docencia en titulaciones de ingeniería. Las dos últimas columnas reflejan el número de profesores que completaron el pre y el post-cuestionario representando, respectivamente, el 75 y el 54% de los asistentes. Conviene señalar que de entre los profesores que contestaron el pre-cuestionario, un 73% respondió también el post-cuestionario.

**Tabla 5-5: Talleres sobre las posibilidades educativas de las TTD**

nº Ident.	Fecha / Lugar	Colectivo	Duración (h)	#Asistentes	#Pre-Cuest.	#Post-Cuest.
1. ICE_10	Junio 2010 / Valencia	Profesores UPV (ICE)	4	16	11	8
2. ETSID_10	Diciembre 2010 / Valencia	Profesores ETSID	2	30	19	11
3. FINTDI_11	Mayo 2011 / Teruel	Asistentes FINTDI	2	10	8	8
4. EPSA_11	Junio 2011 / Alcoi	Profesores EPSA (ICE)	2	18	14	14
5. ETSINF_12	Enero 2012 / Valencia	Profesores ETSINF	2,5	12	11	8
6. ICE_13	Enero 2013 / Valencia	Profesores UPV (ICE)	4	28	22	13
Total				114	85	62



**Figura 5-9: Profesores de la UPV asistiendo a uno de los talleres de TTD.**

Para obtener una visión global de los enfoques metodológicos utilizados por los profesores participantes en los distintos talleres llevados a cabo durante este trabajo de investigación, se han calculado los valores acumulados de cada una de las dimensiones así como sus correspondientes valores promedios. Las figuras siguientes representan los resultados obtenidos para cada una de las cuatro dimensiones anteriores (Contenidos, Actividades, Interacción, Evaluación).

La Figura 5-10 muestra que, en valor promedio, un 98% de los docentes presentan regularmente contenidos durante las sesiones de aula. En cuanto a los recursos utilizados en este tipo de sesiones destacan: las presentaciones electrónicas (95%); los elementos gráficos tales como diagramas, figuras o imágenes (85%); y los documentos de tipo texto o páginas web (82%). Tan solo un 61% afirma utilizar símbolos o caracteres especiales, habituales en disciplinas relacionadas con las matemáticas u otras ciencias.

Referente a la segunda dimensión, en la Figura 5-11 se puede observar que un 92% plantea actividades durante las sesiones de aula. Si bien en este caso los valores promedio obtenidos no son tan altos como para los ítems sobre los *Contenidos*, los mayores porcentajes se asocian a los ejercicios que incluyen elementos gráficos (66%) y a los de respuesta abierta (62%), mientras que apenas superan el 50% aquellas actividades que requieren el uso de simuladores u otros programas informáticos, así como las relacionadas con ejercicios de respuesta cerrada (V/F, tipo test, escala tipo Likert).

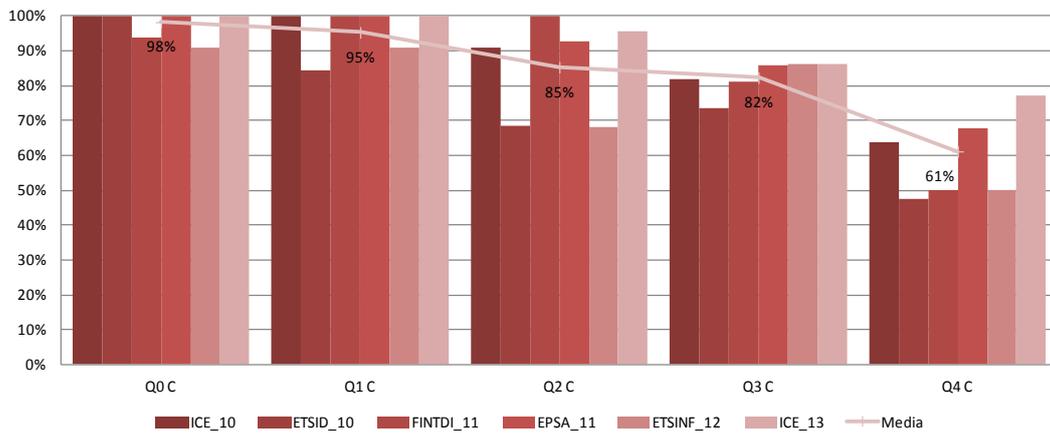


Figura 5-10: Resultados del pre-cuestionario en la dimensión *Contenidos*.

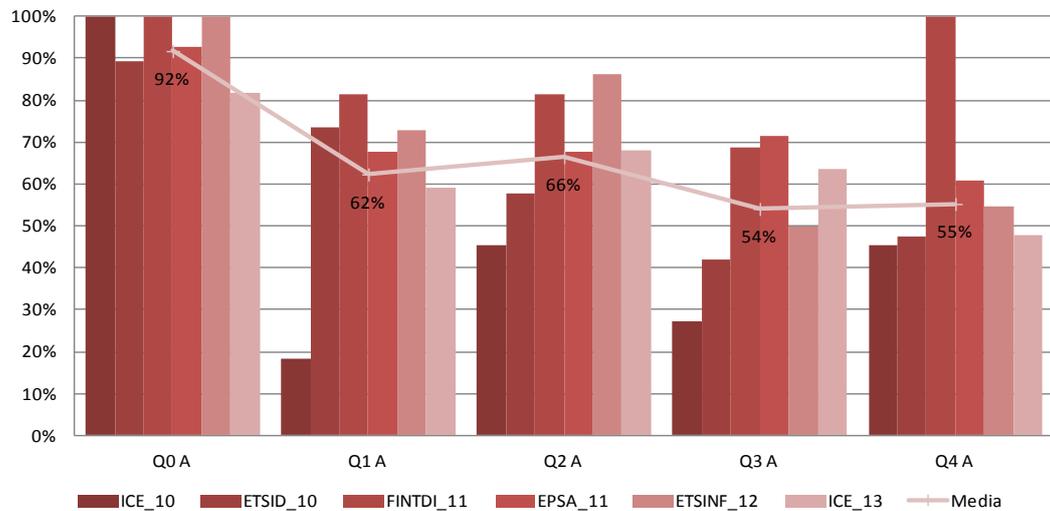
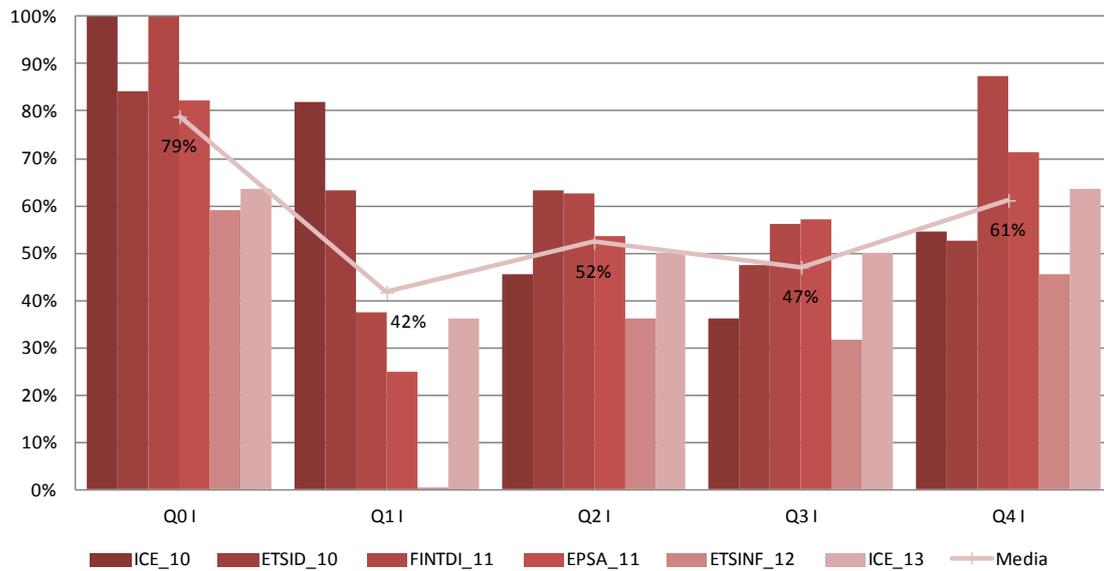


Figura 5-11: Resultados del pre-cuestionario en la dimensión *Actividades*.

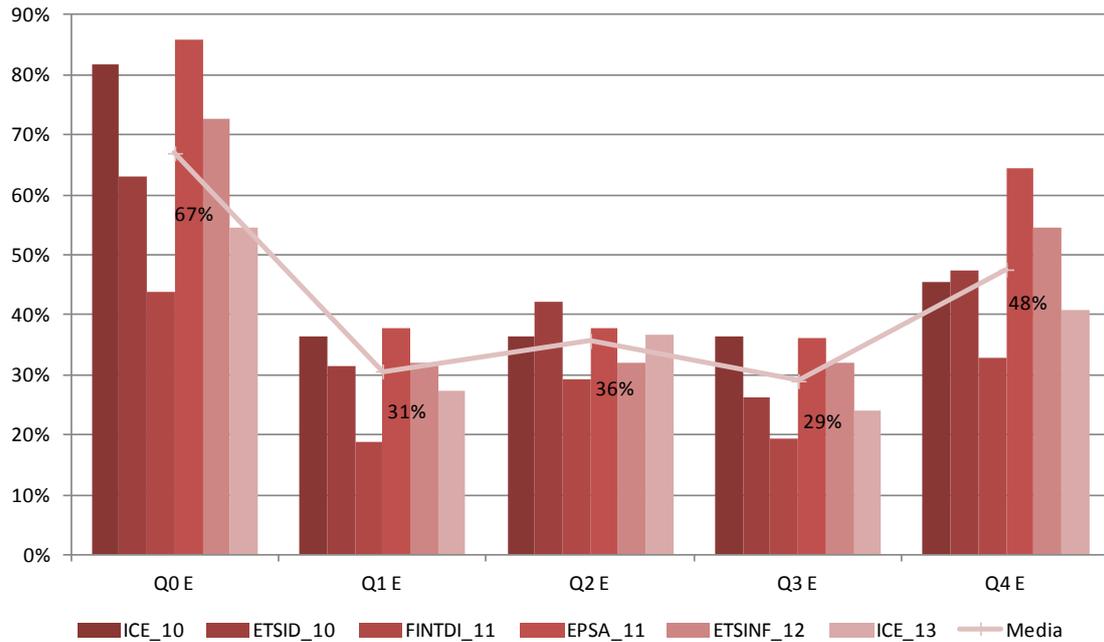
En lo que respecta a los ítems relacionados con la dimensión *Interacción* (Figura 5-12), un 79% de los profesores afirma que requiere algún tipo de interacción durante las sesiones de aula, siendo el modo más habitual la utilización de medios informáticos para compartir contenidos (61%), seguido por la realización de sondeos (52%). Por debajo del 50% de las respuestas se encuentran tanto las presentaciones de los propios alumnos, como la realización de preguntas de forma anónima.



**Figura 5-12: Resultados del pre-cuestionario en la dimensión *Interacción*.**

Respecto a la última dimensión, tal y como muestra la Figura 5-13, un 67% contesta que requiere algún tipo de evaluación durante las sesiones de aula. Sin embargo, en todos los casos, las alternativas planteadas en las cuestiones consiguen porcentajes bastante bajos, destacando la evaluación por grupos (36%), seguida por la evaluación individual (31%) y por último, el seguimiento de la actividad diaria del alumno (29%). Casi la mitad de los encuestados afirma informar a los alumnos de los resultados de esta evaluación.

Las gráficas anteriores nos proporcionan una idea general de las estrategias instructivas empleadas típicamente por los profesores participantes en los talleres. Como se expuso en el capítulo anterior, el post-cuestionario se definió a partir de las recomendaciones de uso de las TTD obtenidas del mapa conceptual tecnológico y, más concretamente, tratando de incorporar aquellas donde dichas tecnologías demostraron, en las experiencias iniciales desarrolladas, un mayor potencial. A continuación, vamos a analizar las respuestas a estos cuestionarios para así poder valorar el grado de aceptación de la propuesta metodológica basada en mapas conceptuales, por parte de los profesores.



**Figura 5-13: Resultados del pre-cuestionario en la dimensión *Evaluación*.**

La Figura 5-14 resume las contestaciones al post-cuestionario de los profesores participantes en los diferentes talleres. En primer lugar, llama la atención los elevados porcentajes obtenidos en prácticamente todas las dimensiones analizadas que, según los asistentes, confirman el enorme potencial de las TTD para mejorar esos aspectos. Se observa que, para las ocho cuestiones analizadas, el valor promedio obtenido de los distintos talleres queda siempre por encima del 73%, que es el valor asociado a la compartición de contenidos. En particular, esos valores promedio indican que los participantes han destacado las posibilidades de los entornos con TTD para realizar sondeos en el aula (95%), que permitirían ver el nivel de la clase ante una determinada cuestión u obtener respuestas anónimas sobre cualquier otro aspecto de la marcha del curso; para facilitar la exposición de ideas (94%) o realizar actividades (92%) que requieran elementos gráficos, tales como diagramas, figuras, bocetos, mapas, etc.; para mejorar la realimentación proporcionada al alumno (90%); para facilitar la evaluación de los estudiantes en clase (88%); o para plantear preguntas de respuesta abierta a los alumnos, que podrían utilizar el lápiz para contestarlas, y así poder generar símbolos de cualquier tipo, ecuaciones y toda clase de elementos gráficos.

### Resumen de resultados

Con el fin de facilitar la comparación de los resultados de los cuestionarios pasados antes y después de los talleres, en este apartado se han seleccionado, para las distintas dimensiones, aquellos ítems del pre-cuestionario más directamente relacionados con los del post-cuestionario, como refleja la Tabla 5-6.

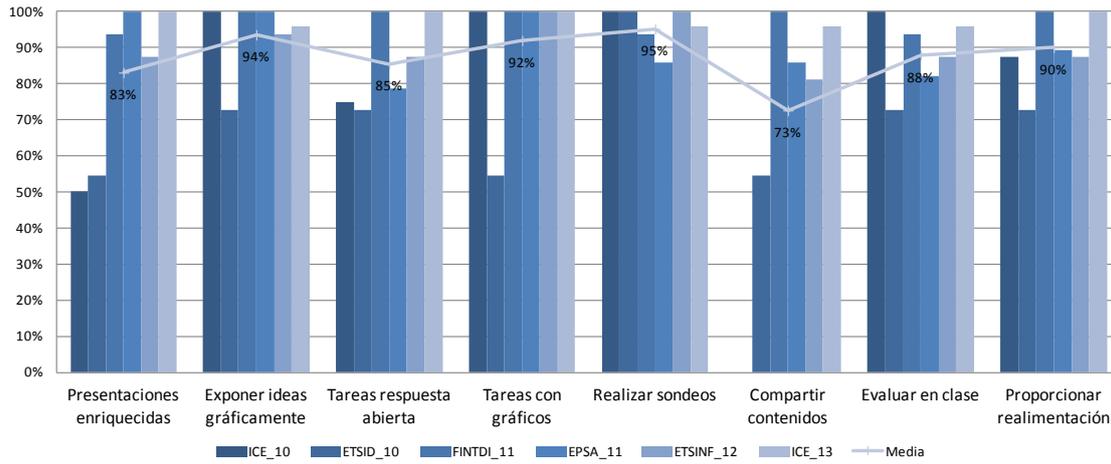


Figura 5-14: Resumen de resultados del post-cuestionario en los diferentes talleres.

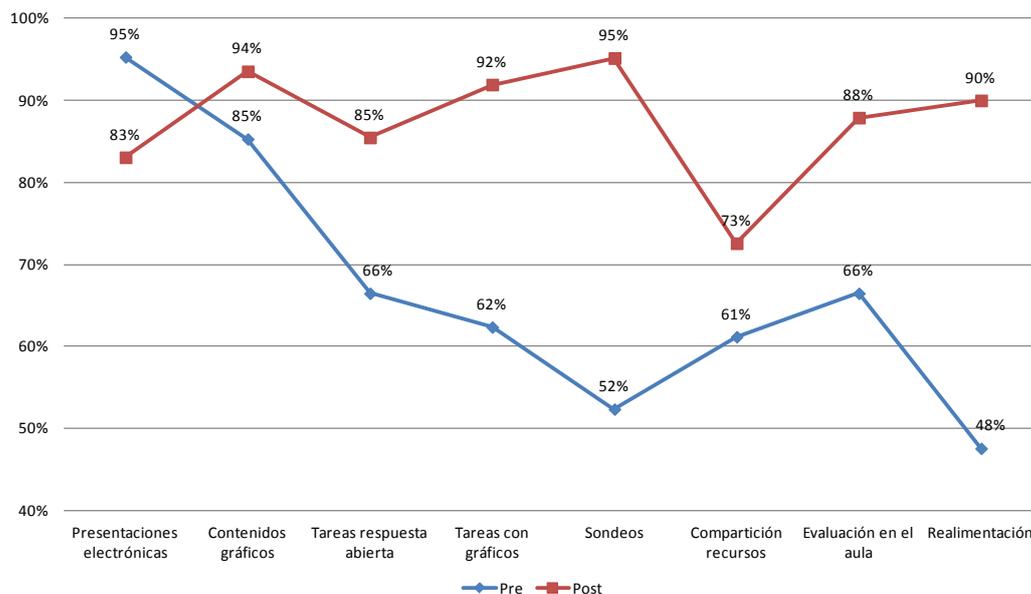
Tabla 5-6: Cuestiones seleccionadas de los cuestionarios para el análisis

Dimensión	Pre-Cuestionario	Post-Cuestionario
<b>Contenidos</b>	¿Se utilizan <i>presentaciones</i> electrónicas (tipo PPT o similares)?	¿Considera que la TD podría mejorar sus <i>presentaciones</i> ?
	¿Se utilizan elementos <i>gráficos</i> : diagramas, figuras, imágenes?	¿Considera que la TD le facilitaría la explicación de ideas / conceptos de forma <i>gráfica</i> ?
<b>Actividades</b>	¿Incorporan ejercicios de <i>respuesta abierta</i> (texto, gráficos, ficheros...)?	¿Considera que la TD le facilitaría la realización de actividades de <i>respuesta abierta</i> ?
	¿Incorporan ejercicios que utilizan <i>elementos gráficos</i> (diagramas, figuras, imágenes)?	¿Considera que la TD le facilitaría la realización de actividades que incluyan <i>elementos gráficos</i> como diagramas o esquemas?
<b>Interacción</b>	¿Se usan cuestiones rápidas (tipo V/F o de respuesta múltiple) a modo de sondeos?	¿Cree que herramientas de presentación y colaboración, como CP, le facilitarían la realización de <i>sondeos</i> a modo de <i>clickers</i> ?
	¿Se <i>comparten</i> contenidos entre profesor / alumnos o entre alumnos por medios informáticos?	¿Le resulta útil la <i>compartición</i> de recursos que proporcionan herramientas de presentación y colaboración, como CP?
<b>Evaluación</b>	¿Se requiere algún tipo de <i>evaluación</i> durante las sesiones de aula?	¿Cree que la TD y herramientas de presentación y colaboración, como CP, le facilitarían la <i>evaluación</i> de la actividad de los alumnos en el aula?
	¿Se <i>informa</i> a los alumnos sobre los resultados de esta evaluación?	¿Piensa que la TD y herramientas de presentación y colaboración, como CP, permitirían mejorar la <i>realimentación</i> proporcionada al alumno?

La Figura 5-15 recoge los porcentajes promedio obtenidos en los pre-cuestionarios para los ítems seleccionados y los compara con los correspondientes valores de los post-cuestionarios.

Llama la atención que para todos los ítems, excepto el relativo a las presentaciones electrónicas, los porcentajes obtenidos en el cuestionario posterior a la celebración del taller superan a los del previo. La excepción es más fácil de explicar si tenemos en cuenta que dicho ítem representaba el valor máximo del pre-cuestionario, ya que un 95% de profesores afirmó utilizar presentaciones electrónicas en las sesiones de aula, mientras que un 83% considera que la TD podría ayudar a mejorarlas.

Las posibilidades instructivas de las TTD se han destacado principalmente en las dimensiones de *Interacción* y *Evaluación* que, por otra parte, eran las que en general reflejaban menores porcentajes en los pre-cuestionarios. Por ejemplo, aunque un 52% manifestó utilizar los sondeos, hasta un 95% cree que las TTD le facilitarían su realización. Algo similar sucede con la realimentación proporcionada a los estudiantes, mientras solo un 48% declaró informar a los alumnos sobre la evaluación realizada en las sesiones de aula, hasta un 90% cree que las TTD la mejorarían. A señalar también que más de un 90% de profesores destacaron las posibilidades de las TTD para introducir elementos gráficos, bien sea para presentar contenidos o para realizar actividades, mientras que los correspondientes porcentajes en los pre-cuestionarios son más bajos, del 85 y 62%, respectivamente.



**Figura 5-15: Comparativa de valores medios en los dos tipos de cuestionarios.**

Dado que, según los resultados recogidos en los pre-cuestionarios, todas estas estrategias instructivas pueden considerarse comunes en buena parte de nuestros cursos de ingeniería, las respuestas de los asistentes a los talleres refuerzan el potencial de las TTD en las estas enseñanzas.

Para completar esta sección y aprovechando que, en los cursos de formación del profesorado, el ICE de la UPV pasa sistemáticamente un cuestionario de evaluación del taller a los asistentes, se

han seleccionado todos aquellos ítems, 9 en total, que pudieran ser de interés para este estudio, recogidos en el Anexo 3. Los resultados del mismo se representan en la Figura 5-16, donde se puede observar que los profesores han destacado mayoritariamente el interés del tema (95%), así como su aplicabilidad en el trabajo (86%). Respecto al propio taller, los asistentes han valorado muy positivamente la pertinencia de la metodología empleada (87%), la consecución de los objetivos (85%), y la adecuación de los contenidos (84%). Un ítem de valoración global, que podría servir de resumen, reflejó que un 88% recomendaría el taller a otros colegas.

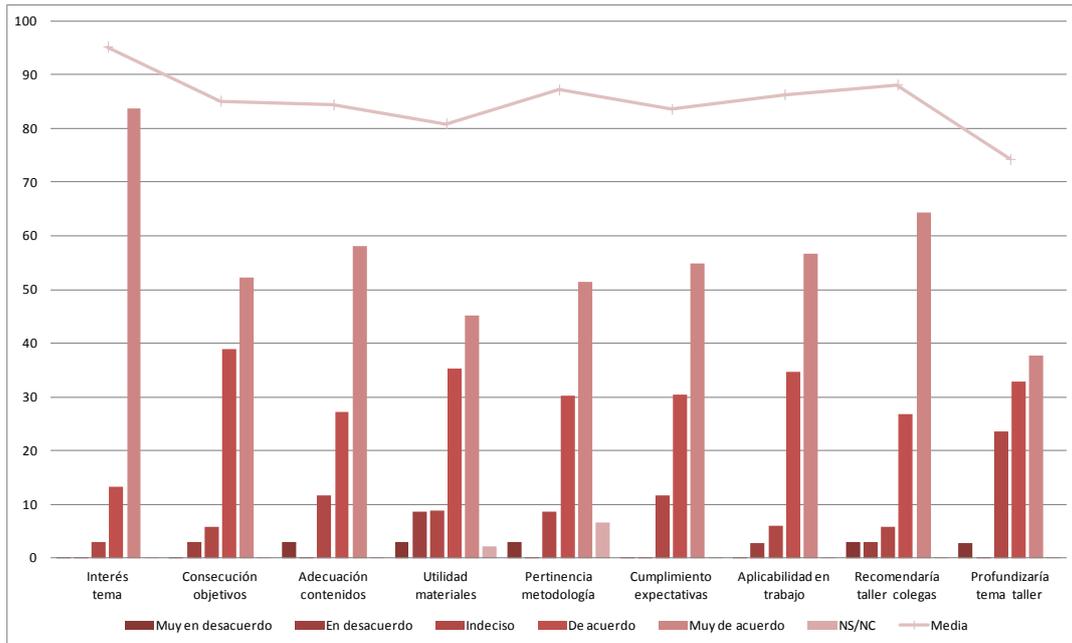


Figura 5-16: Resumen cuestionarios de valoración de los talleres por los profesores.

### 5.4.2 Experiencias docentes en aula

#### Diseño experimental

El principal cambio en el diseño de las nuevas experiencias, respecto a las descritas anteriormente, es que en este caso se aplican sobre grupos convencionales de matrícula, en lugar de hacerse sobre los grupos pilotos establecidos para ese propósito. En función de la disponibilidad horaria de los profesores participantes en las mismas, se escogen unos determinados grupos objetivos como experimentales. Consecuentemente, ya no se realiza ninguna acción especial para esos grupos en el proceso de matrícula sino que, durante la primera sesión del curso, se les presenta la actuación basada en el uso de las TTD. Dado que el tamaño de los grupos convencionales crece bastante respecto al de los grupos pilotos anteriores, hubo que escoger un aula que aceptara esa nueva capacidad, tal y como muestra la Figura 5-17. Adicionalmente, y con el fin de dar respuesta a algunos de los problemas señalados en las experiencias anteriores, el aula fue dotada con una instalación de cable de red en todos los puestos, así como con tomas de alimentación debajo de las mesas, para facilitar la carga de las TPC durante las sesiones. Desafortunadamente, el número de TPC disponibles para las

experiencias no se pudo aumentar por lo que, en numerosas ocasiones, se tenían que compartir entre pares de estudiantes, o bien complementarlas con portátiles convencionales conectados vía USB a tabletas gráficas del tipo de las descritas en la sección 2.2.2.



**Figura 5-17: Nueva aula para grupos experimentales con tabletas PC de asignaturas de GII.**

La Tabla 5-7 sintetiza los datos principales de las experiencias en aula llevadas a cabo en las asignaturas FCO y TCO durante los tres últimos cursos. Como se puede observar, uno de los grupos experimentales en las dos asignaturas, y durante los tres cursos, es un grupo con docencia en inglés (referido en la Tabla 5-7 como ENG). Dado que el número de alumnos previsto para este grupo era algo inferior al resto, parecía un buen candidato para nuestras actuaciones, habida cuenta del número de TPC disponibles. En el caso de la asignatura TCO, adicionalmente se escogió cada año uno de los grupos convencionales, bien en turno de mañana (M) o de tarde (T), de acuerdo con la disponibilidad horario del profesor.

**Tabla 5-7: Resumen de las experiencias en aula desde 2010-11 a 2012-13**

Asignatura	Titulación	Año	Curso Cuatrimestre	Grupo (Turno)	#Alumnos
FCO	GII	2010-11	1A	ENG (M)	25
		2011-12	1A	ENG (M)	32
		2012-13	1A	ENG (M)	38
TCO	GII	2010-11	1B	ENG (M)	25
				Convencional (T)	55
		2011-12	1B	ENG (M)	34
				Convencional (M)	49
		2012-13	1B	ENG (M)	33
				Convencional (M)	41

## Análisis estadístico

Para evaluar el impacto de la incorporación de las TTD en el aprendizaje de los alumnos de los grupos experimentales, se han introducido unas variables observables numéricas que, además de contribuir en el análisis del rendimiento académico de los estudiantes, buscan captar su grado de actividad en el seguimiento de las asignaturas. Con este propósito, los indicadores escogidos son: la nota de lo que se denomina “actividad del estudiante” (*Act\_Est*) que, en función de las asignaturas y grupos, se puede definir de forma ligeramente distinta, aunque siempre cumpliendo con unos criterios generales consensuados por el equipo docente de las asignaturas; la calificación media en los exámenes parciales (*Parciales*), pruebas escritas que son comunes a todos los grupos de la asignatura y, por tanto, representan el indicador de rendimiento más objetivo e independiente de profesores y grupos; por último, la nota final (*Final*), que recoge todas las dimensiones evaluadas en la asignatura, con sus correspondientes pesos, representando así el logro global del alumno en la asignatura.

Para cada una de las variables, se realiza un estudio descriptivo calculando valores estadísticos de posición, como la media y la mediana, y de dispersión, como la desviación típica, la varianza, el rango o el intervalo intercuartil, entre otros.

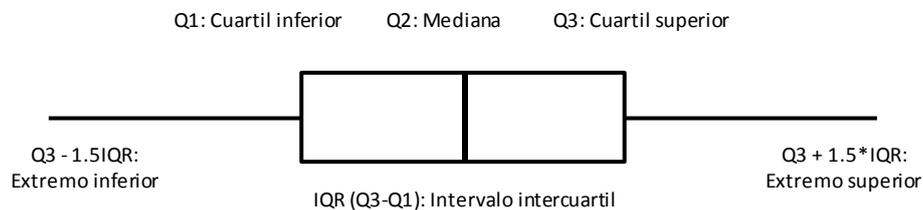
Los valores obtenidos en los grupos experimentales que utilizan TTD (referidos como grupos *Tablet*) se comparan con los calculados para los que denominaremos grupos *Control* o de contraste, esto es, aquellos que han continuado con un enfoque tradicional, pero que tienen características comparables a los primeros. Se ha de intentar que los resultados de la innovación sean, lo más posible, independientes de las singularidades de los grupos que participan en la misma. Para ello, y dada su relevancia en el rendimiento académico a nivel universitario constatada en la literatura [157] [158] [159] [160], se ha considerado la nota de acceso como variable fundamental a la hora de seleccionar los grupos *Control*. Para obtener la nota de acceso de los distintos grupos, se ha utilizado una vista parcial de la base de datos de la UPV, en particular la correspondiente a la información relativa a la ETSINF.

Un aspecto importante que cabe destacar respecto de los datos con los que se ha realizado el estudio es que, de acuerdo a la *Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal*, se ha procedido a la despersonalización de los datos o también llamado por dicha ley, procedimiento de disociación. Este procedimiento se refiere a todo tratamiento de datos personales donde la información obtenida no pueda asociarse a persona identificada o identificable. Para ello, se ha eliminado de las tablas que contienen la información personal del alumno, cualquier dato que pueda identificar directa o indirectamente al mismo.

Por otra parte, teniendo en cuenta que los grupos *Tablet* han sido impartidos por profesores con una dilatada experiencia, se busca este mismo perfil de profesores para los grupos *Control*. Otros aspectos considerados en la elección de los grupos *Control*, aunque en ocasiones más

difíciles de satisfacer, son aspectos como el turno del grupo, el número de alumnos, o el perfil de los mismos (porcentaje de repetidores, por ejemplo).

Para representar gráficamente el conjunto de los datos obtenidos para los distintos grupos objetos del análisis, se ha optado por utilizar los llamados diagramas de “caja y bigotes” (*box-and-whisker plot* o *boxplot*, en su forma abreviada) [205] [206], dado que permiten visualizar una gran cantidad de información de una forma compacta. En particular, estos diagramas proporcionan los siguientes estadísticos: el rango de variación de los datos entre sus valores mínimo y máximo; una serie de medidas de dispersión como son el cuartil superior ( $Q3$ ), el cuartil inferior ( $Q1$ ) y el rango intercuartil ( $IQR = Q3 - Q1$ ) del conjunto de datos; una medida de la posición central de la distribución, la mediana, que se corresponde con el segundo cuartil ( $Q2$ ); por último, facilita también una indicación de la simetría o asimetría de la distribución. Para ser más precisos, conviene señalar que para hacer el diagrama estadísticamente correcto, los valores extremos (“bigotes”) no deben extenderse a los valores mínimos y máximos del conjunto de datos, sino a las observaciones más pequeñas y más grandes dentro de 1,5 veces el intervalo intercuartil ( $1,5 * IQR$ ), tal y como se muestra en la Figura 5-18. Por simplicidad, se ha decidido no representar los valores atípicos (*outliers*) que quedan fuera de los extremos anteriores. Todos estos estadísticos resultan muy útiles para comparar los diferentes conjuntos de datos en las experiencias de aula planteadas.



**Figura 5-18: Definición del diagrama de caja y bigotes a partir de los estadísticos del conjunto de datos.**

Con el fin de completar el análisis estadístico de los datos, y para cada una de las variables dependientes que se desean contrastar (nuestros indicadores), se verificará si las diferencias entre las medias de los grupos *Tablet* y las de los grupos *Control* son estadísticamente significativas. Para ello se hará uso de la prueba paramétrica de contraste de medias conocida como “*t de Student*” para dos muestras independientes [207] [208]. Cuando esto sucede decimos que esas diferencias son atípicas, fuera de lo normal, y que es poco probable que sean debidas simplemente al azar.

Para calcular el valor del estadístico  $z$  (*t de Student*) se compara la diferencia entre las dos medias de la muestra ( $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ ) con la condición especificada bajo la hipótesis nula ( $\mu_1 - \mu_2$ ), y el resultado de esa diferencia se divide por el error típico de la diferencia entre medias ( $\sigma_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}$ ).

$$z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sigma_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}}$$

Dado que la hipótesis nula especifica típicamente que, cuando no hay más diferencias que las aleatorias,  $(\mu_1 - \mu_2) = 0$ , la fórmula anterior queda simplificada a:

$$z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - 0}{\sigma_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}}$$

Lo que hacemos es calcular la puntuación típica ( $z$ ) de una diferencia, esto es, comprobar en cuántas desviaciones típicas se aparta esa diferencia de la diferencia media de cero. Esta puntuación típica nos dará la probabilidad de que ocurra nuestra diferencia cuando la media de las diferencias es cero. ¿Cuándo es grande la probabilidad de que ocurra una diferencia? El límite es convencional, habitualmente se acepta que más de 5 veces de cada 100 son ya muchas veces, desde el punto de vista probabilístico.

En nuestro análisis se ha establecido un nivel de significación de  $\alpha = 0.05$ , hecho que limita a un 5% las probabilidades de equivocarnos (95% la probabilidad de acertar) al afirmar que hay diferencia entre dos medias, lo que suele aceptarse como suficientemente seguro. En función del nivel de confianza establecido y de los grados de libertad del problema ( $gl$  en la Tabla 5-10 y Tabla 5-13), existe un valor del estadístico  $z$  que nos permite establecer la probabilidad (simbolizada como  $p$ -valor, o *Sig.* en la Tabla 5-10 y la Tabla 5-13) de que una diferencia sea aleatoria. En el supuesto de muestras grandes ( $N > 30$ ) y para ese nivel de significación ( $\alpha = 0.05$ ), cuando  $z > 1.96$  tendremos que  $p < 0.05$ , considerando pruebas bilaterales o de dos colas, diremos que la diferencia es estadísticamente significativa.

El modelo teórico que se utiliza en el contraste de medias para muestras independientes supone determinados supuestos teóricos. En primer lugar, resulta conveniente aclarar que se consideran muestras independientes cuando ninguna de las observaciones en uno de los grupos está relacionada con las observaciones en los otros. Podemos considerar que se cumple en nuestro caso, al haber escogido los grupos *Tablet* y *Control* de forma que, en la medida de lo posible, tengan unas características muy parecidas, tal y como se justificó con anterioridad. Las otras asunciones del modelo son la homogeneidad de varianzas en las muestras y una distribución normal en la población. Sin embargo, está suficientemente demostrado que las pruebas paramétricas (como la *t de Student*) sigue siendo válida aunque no se cumplan los supuestos del modelo teórico, excepto cuando se dan a la vez estas circunstancias [208]:

1. Muestras más bien pequeñas (a partir de  $N < 25$  suelen considerarse pequeñas, aunque estos límites son arbitrarios).
2. Muestras de tamaño muy desigual (como cuando una muestra es tres veces mayor que la otra).
3. Muestras con varianzas muy desiguales (del orden de 10 veces).

En estos casos, al menos cuando se dan simultáneamente dos o tres de las circunstancias mencionadas, son preferibles los métodos no paramétricos para datos ordinales, como la “*U de Mann-Whitney*” para muestras independientes [209].

Considerando que la homogeneidad de varianzas es el supuesto más importante, antes de proceder a la comparación entre las medias se realiza la “*prueba de Levene*” [210] y, en función de los valores obtenidos en ésta, se interpretan los resultados de la prueba de contraste de medias. En concreto, siempre que su significación estadística sea grande ( $Sig.>0.05$ ) se puede considerar que las varianzas no son significativamente diferentes. En caso contrario, se introduce un procedimiento alternativo para la prueba de contraste de medias considerando las varianzas separadas.

Dado que una diferencia estadísticamente significativa puede ser pequeña e irrelevante y, al contrario, una diferencia que no sea estadísticamente significativa puede ser grande y relevante en determinadas situaciones, es conveniente calcular la magnitud de esa diferencia. Para ello, adicionalmente se obtendrán los indicadores estadísticos necesarios para cuantificar esas diferencias. Es lo que se conoce como “tamaño del efecto” (*effect size*) [211][212] que no es más que una “diferencia tipificada”, esto es, una diferencia entre dos medias dividida por una desviación típica. Dicho de otro modo, lo que hacemos es expresar una diferencia en desviaciones típicas, lo que permite afirmar de modo más preciso si las diferencias observadas entre los grupos experimentales y los grupos control son pequeñas, moderadas o grandes.

$$d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma}$$

Los símbolos para expresar el tamaño del efecto dependen de las fórmulas utilizadas para calcular la desviación típica del denominador. En la fórmula anterior utilizamos  $d$  porque corresponde a una de las expresiones más utilizadas, la de *Cohen* [213], que se emplea a veces como símbolo genérico del tamaño del efecto. El mismo autor define valores del tamaño del efecto  $d = 0.20$ ,  $0.50$  y  $0.80$ , como pequeños, moderados y grandes, respectivamente, y son ampliamente aceptados en la bibliografía experimental.

## Resultados

A continuación, para cada uno de los tres últimos cursos académicos, y para las dos asignaturas objeto de estas experiencias en aula (FCO y TCO), se incluyen las tablas con los principales valores de rendimiento académico. En el conjunto de datos se distinguen tres colectivos de alumnos: el grupo *Tablet* (o experimental), el grupo *Control*, y lo que hemos llamado grupo *Todos*, que incluye a todos los grupos de la asignatura a excepción de los experimentales.

Con el propósito de obtener una idea más visual de la información relevante, se han generado los correspondientes diagramas de caja y bigotes para los tres indicadores descritos anteriormente (*Act\_Est*, *Parciales* y *Final*), y para esos tres mismos colectivos.

Para completar el análisis, se incluyen las tablas obtenidas en la aplicación de las pruebas de *t de student* para cada una de las combinaciones asignatura/curso. En concreto, la primera de las tablas incluye los estadísticos de grupo (media, desviación típica y error típico de la media). La segunda tabla comienza, por la izquierda, con los valores de la *prueba de Levene* (*F* y *Sig.*), sigue a su derecha con los valores de la *prueba t de student* (*t*, *gl*, *Sig.* bilateral, diferencia de medias, error típico de la diferencia) y, por último, los valores del tamaño del efecto (*d de Cohen* y su interpretación). Para la obtención de los resultados se ha utilizado el software de análisis estadístico *SPSS 16.0 para Windows*, versión 16.0.1 [214], y la aplicación de hoja de cálculo *MS Office Excel 2007* [215].

### Asignatura Fundamentos de Computadores (FCO)

En la Tabla 5-8 se observa que la media de las notas de acceso en los grupos experimental (*Tablet*) y *Control* es bastante similar para los tres cursos y siempre, bastante mayor que la media para el grupo *Todos*. Esto es fácil de justificar al haber considerado como grupo experimental un grupo de mañana con docencia en inglés, tal y como se comentó anteriormente. Aunque no se incluyen las tablas por simplicidad, para cada uno de los cursos se ha realizado un test de contraste de medias entre los grupos *Tablet* y *Control* y, en todos los casos, las diferencias entre las notas de acceso de ambos grupos no son estadísticamente significativas.

**Tabla 5-8: Resumen de datos de rendimiento en FCO desde 2010-11 a 2012-13**

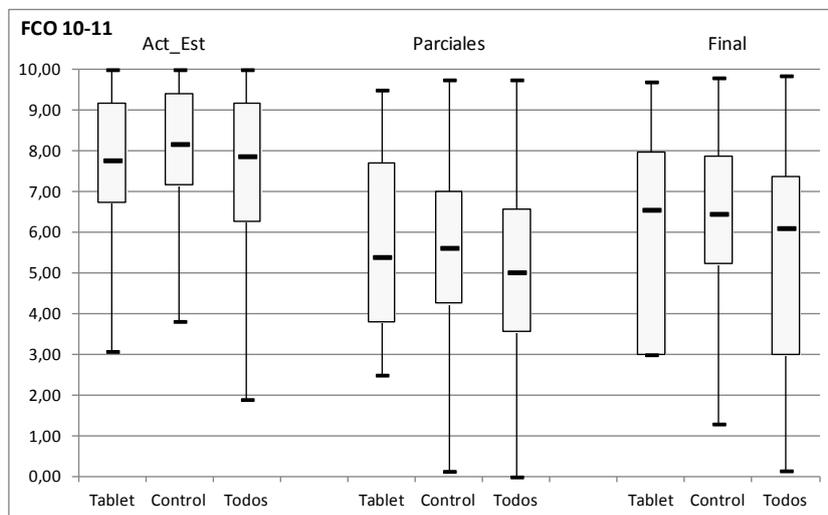
Curso 2010-11							
Grupo	Nota Acceso	#Matric	#Present	#Aptos	Tasa presentados	Tasa rendimiento	Tasa éxito
Tablet E	8,69	25	23	17	92,00%	68,00%	73,91%
Control D	8,84	52	51	40	98,08%	76,92%	78,43%
Todos (- E)	7,60	486	457	316	94,03%	65,02%	69,15%
Curso 2011-12							
Tablet E	9,11	32	32	25	100,00%	78,13%	78,13%
Control C	9,09	49	49	34	100,00%	69,39%	69,39%
Todos (- E)	7,59	405	396	295	97,78%	72,84%	74,49%
Curso 2012-13							
Tablet E	9,69	38	36	35	94,74%	92,11%	97,22%
Control C	9,20	51	50	43	98,04%	84,31%	86,00%
Todos (- E)	7,92	348	329	243	94,54%	69,83%	73,86%

Tanto las tasas de presentados como las tasas de rendimiento y de éxito son, en general, bastante altas para todos los colectivos y cursos analizados, lo que sin duda guarda relación con unos buenos resultados generales de rendimiento en la asignatura. Sin embargo, en los dos últimos cursos, el grupo *Tablet* obtiene mejores resultados que el grupo *Control*, tanto en tasa de rendimiento como en tasa de éxito, algo que no sucede en el curso 2010-11, donde es el grupo

*Control* el que obtiene los mejores resultados. Este hecho puede estar relacionado quizás con un primer año de actuación por parte del profesor responsable de ese grupo. Para los tres cursos académicos estudiados, incluido el 2010-11, el grupo *Tablet* supera los resultados del grupo *Todos*, lo que sin duda puede estar relacionado también con una mejor nota de acceso.

Los diagramas de caja y bigotes que se muestran a continuación reflejan, como no podía ser de otra forma, unos resultados similares a los descritos para la Tabla 5-8 si bien en este caso disponemos de más información.

Por ejemplo, para el curso 2010-11, la Figura 5-19 muestra que si bien los valores centrales (mediana) para los indicadores *Act\_Est* y *Parciales* son algo mejores en el grupo *Control* que en el grupo *Tablet*, sucede lo contrario para el indicador *Final*. En general, también se observa una mayor dispersión de los datos (intervalo intercuartil) en el grupo *Tablet* que en el grupo *Control*, e incluso mayor también que en el grupo *Todos*, pese a que el número de alumnos/grupos en este colectivo es mucho más amplio. Del mismo modo se aprecia que los valores extremos inferiores son algo mejores en el grupo *Tablet* que en el resto de los casos, excepto para el indicador *Act\_Est*. A modo de resumen se puede decir que, en términos generales, los valores centrales para los tres indicadores y los tres colectivos son bastante similares, mientras que la dispersión de los datos en el grupo *Tablet* es parecida o mayor que en los otros dos grupos (*Control* y *Todos*).



**Figura 5-19: Diagramas de caja para los indicadores académicos (FCO, curso 2010-11).**

Los diagramas correspondientes al curso 2011-12 (Figura 5-20) y 2012-13 (Figura 5-21) muestran resultados parecidos. Para los tres indicadores, tanto el cuartil inferior ( $Q1$ ) como la mediana correspondientes al grupo *Tablet* son siempre mejores a los valores correspondientes en los otros dos colectivos (*Control* y *Todos*). En el curso 2012-13, eso mismo se puede decir respecto del cuartil superior ( $Q3$ ), de modo que las “cajas” del grupo *Tablet* para los tres indicadores se observan como desplazadas hacia arriba respecto de las de los otros dos grupos,

estando el grupo *Control* también por arriba del grupo *Todos*, cosa que curiosamente no sucede en el curso 2011-12, pese a unas diferencias en las notas de acceso del mismo orden. En ambos cursos, sin embargo, la dispersión de los datos en el grupo *Tablet* es menor que en los colectivos *Control* y *Todos*. Como se comentó con anterioridad, el curso 2010-11 muestra unos resultados diferentes a los de los dos cursos siguientes.

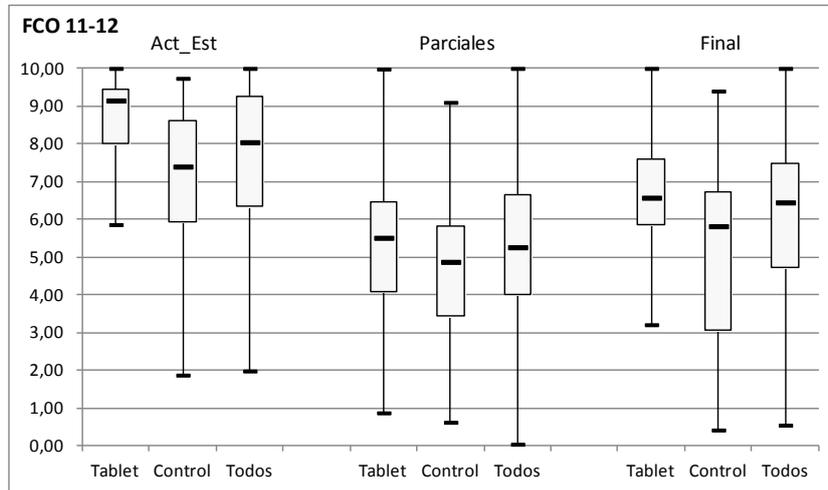


Figura 5-20: Diagramas de caja para los indicadores académicos (FCO, curso 2011-12).

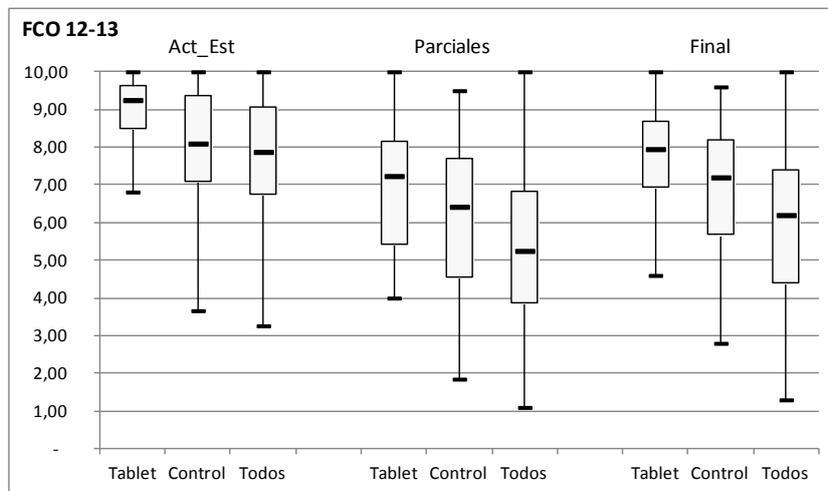


Figura 5-21: Diagramas de caja para los indicadores académicos (FCO, curso 2012-13).

Con el fin de completar el análisis estadístico de los datos, en cada uno de los indicadores académicos que se pretenden contrastar, se realiza la prueba paramétrica de contraste de medias para comprobar si las diferencias entre las medias correspondientes a los grupos *Tablet* y a los grupos *Control* son estadísticamente significativas. La Tabla 5-9 resume, para los tres cursos analizados, los valores estadísticos para los distintos indicadores y los dos grupos considerados.

Tal y como se comentó anteriormente en el apartado “Análisis estadístico” de la sección 5.4.2, en los casos donde la “prueba de Levene” proporciona una significación estadística pequeña

( $Sig.<0.05$ ), marcada con “\*” en la Tabla 5-10, se han considerado los resultados de un cálculo alternativo de los estadísticos de ahí que, por ejemplo, los grados de libertad ( $gl$ ) resulten distintos en comparación con los calculados para los otros indicadores.

**Tabla 5-9: Estadísticos de grupo en FCO desde 2010-11 a 2012-13**

Curso	Variable	Grupo	Media	Desviación típica	Error típico de la media
2010-11	Act_Est	Tablet	7,49	2,10	0,44
		Control	7,91	1,84	0,26
	Parciales	Tablet	5,84	2,37	0,49
		Control	5,54	2,17	0,30
	Final	Tablet	6,22	2,47	0,52
		Control	6,18	2,23	0,31
2011-12	Act_Est	Tablet	8,71	1,11	0,20
		Control	6,93	2,18	0,31
	Parciales	Tablet	5,57	2,39	0,42
		Control	4,90	2,09	0,30
	Final	Tablet	6,52	2,21	0,39
		Control	5,51	2,12	0,30
2012-13	Act_Est	Tablet	9,01	1,07	0,18
		Control	7,89	1,74	0,25
	Parciales	Tablet	6,98	1,82	0,30
		Control	6,27	1,95	0,28
	Final	Tablet	7,80	1,35	0,23
		Control	6,82	1,79	0,25

Los resultados de las pruebas de contraste de medias, aplicadas únicamente a los grupos *Tablet* y *Control*, así como el cálculo del tamaño del efecto, vienen a reforzar lo expuesto en la descripción de los datos anteriores recogidos tanto en la Tabla 5-8 de rendimiento, como en los diagramas de caja y bigotes (Figura 5-19, Figura 5-20 y Figura 5-21). La Tabla 5-10 incluye los resultados de las pruebas de contraste de medias y los del cálculo del tamaño del efecto.

En lo que respecta al curso 2010-11, las pruebas *t de student* señalan que las medias de los tres indicadores no son estadísticamente significativas. Del mismo modo, la *d* de Cohen indica que, en todos los casos, el tamaño del efecto es pequeño, con valores próximos o inferiores al valor considerado de referencia ( $d = 0.2$ ). Para el curso 2011-12, sin embargo, la diferencia de medias para los indicadores *Act\_Est* ( $t = 4.815$  y  $Sig. = 0.000007$ ) y *Final* ( $t = 2.053$  y  $Sig. = 0.043$ ) son estadísticamente significativas, siendo además los tamaños del efecto respectivamente grande ( $d = 0.978$ ) y moderado ( $d=0.472$ ). Algo similar ocurre para el curso 2012-13, donde de nuevo la diferencia de medias para los indicadores *Act\_Est* ( $t = 3.662$  y  $Sig. = 0.0004$ ) y *Final* ( $t = 2.758$  y  $Sig. = 0.04$ ) son estadísticamente significativas. Los valores del tamaño del efecto son respectivamente grande ( $d = 0.752$ ) y, entre moderado y grande ( $d = 0.61$ ). Si bien la diferencia de medias para el indicador *Parciales* no es estadísticamente significativa en ninguno de los dos

últimos cursos, los valores de tamaño del efecto, aun siendo todavía pequeños, son algo más grandes que los obtenidos en el curso 2010-11, en concreto,  $d = 0.306$  para el curso 2011-12, y  $d = 0.38$  para el 2012-13.

**Tabla 5-10: Prueba de muestras independientes en FCO desde 2010-11 a 2012-13**

	Variable	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias				Tamaño del efecto		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilat.)	Dif. de medias	Error típ. dif.	d de Cohen	Interpretación
2010-11	Act_Est	0,408	0,525	-0,870	72	0,387	-0,420	0,483	0,221	Pequeño
	Parciales	0,768	0,384	0,538	72	0,592	0,302	0,561	0,137	Pequeño
	Final	0,669	0,416	0,071	72	0,944	0,041	0,579	0,018	Pequeño
2011-12	Act_Est	15,048*	0,0002*	4,815	75	0,000007	1,78	0,369	0,978	Grande
	Parciales	0,519	0,473	1,330	79	0,187	0,67	0,503	0,306	Pequeño
	Final	0,047	0,829	2,053	79	0,043	1,007	0,490	0,472	Moderado
2012-13	Act_Est	8,328*	0,005*	3,662	82	0,0004	1,115	0,305	0,752	Grande
	Parciales	0,262	0,610	1,717	84	0,090	0,710	0,414	0,380	pequeño-moderado
	Final	3,161	0,079	2,758	84	0,007	0,979	0,355	0,610	moderado-grande

\*: No se han asumido varianzas iguales

### Asignatura Tecnología de Computadores (TCO)

En la Tabla 5-11 se observa nuevamente que la media de las notas de acceso en los grupos *Tablet* y *Control* es bastante similar para los tres cursos, si bien en este caso la diferencia respecto al grupo *Todos* es bastante menor, especialmente en el curso 2010-11. Este hecho se justifica por la inclusión en los grupos experimentales (y también en los de control) de otro grupo adicional al de docencia en inglés. Del mismo modo que comentamos para la asignatura FCO, para cada uno de los cursos se ha realizado una prueba de contraste de medias entre las notas de acceso de los grupos *Tablet* y las de los grupos *Control* y, otra vez, para todos los casos, se obtiene que las diferencias no son estadísticamente significativas. En general, para el caso de la asignatura TCO los distintos datos de rendimiento son peores que los de FCO, si bien este hecho es habitual en los registros históricos de ambas.

La tasa de presentados del grupo J (turno de tarde) en el curso 2010-11 fue de un 60%, lo que justifica, en buena medida, la baja tasa de presentados en los grupos *Tablet* de ese año, en comparación con los grupos *Control* (D y G), que son ambos de mañana. Es importante recordar que el primer criterio para definir los grupos *Control* ha sido la nota de acceso. La tasa de éxito en el grupo *Tablet* es algo mejor que en el grupo *Control*, excepto para el curso 2011-12, donde

el grupo *Control* obtiene mejores tasas de rendimiento y de éxito. Para los tres cursos estudiados la tasa de éxito del grupo *Tablet* es mejor que la del grupo *Todos*, aunque en este caso las diferencias son bastante menores que para la asignatura FCO.

**Tabla 5-11: Resumen de datos de rendimiento en TCO desde 2010-11 a 2012-13**

Curso 2010-11							
Grupos	Nota Acceso	#Matric	#Present	#Aptos	Tasa presentados	Tasa rendimiento	Tasa éxito
Tablet (E y J)	8,09	80	54	27	67,50%	33,75%	50,00%
Control (D y G)	8,18	106	87	39	82,08%	36,79%	44,83%
Todos – (E y J)	7,81	446	386	188	86,55%	42,15%	48,70%
Curso 2011-12							
Tablet (E y F)	8,71	83	75	47	90,36%	56,63%	62,67%
Control (C y D)	8,67	120	106	74	88,33%	61,67%	69,81%
Todos – (E y F)	7,52	470	416	260	88,51%	55,32%	62,50%
Curso 2012-13							
Tablet (E y H)	8,57	74	64	48	88,89%	64,86%	75,00%
Control (B y C)	8,53	98	86	63	87,76%	64,29%	73,26%
Todos – (E y H)	8,05	439	354	264	80,64%	60,14%	74,58%

Los diagramas de caja correspondientes al curso 2010-11 (Figura 5-22) muestran para el indicador *Act\_Est* un valor central algo superior al de los otros dos grupos (*Control* y *Todos*), mientras que para los restantes indicadores (*Parciales* y *Final*) los valores centrales en los grupos *Tablet* son ligeramente superiores o muy parecidos a los de los otros dos colectivos. Sin embargo, no se aprecia una tendencia clara en lo que se refiere a otros valores estadísticos, como son el rango intercuartil, o la posición relativa de las distribuciones en los distintos grupos pues son, en todos los casos, bastante parecidas.

En lo que respecta al curso 2011-12, se observa en la Figura 5-23 que para el indicador *Parciales* la mediana en los grupos *Tablet* es algo mayor que las medianas en los grupos *Control* y *Todos*, aunque las diferencias son muy pequeñas. Sin embargo, para el indicador *Act\_Est* sucede lo contrario, mientras que los valores centrales en el indicador *Final* resultan muy similares, si bien algo mayor en el grupo *Control*. De nuevo, no se aprecia una tendencia clara en las distintas distribuciones, con rangos de dispersión y posición de los cuartiles que varían según los indicadores y grupos.

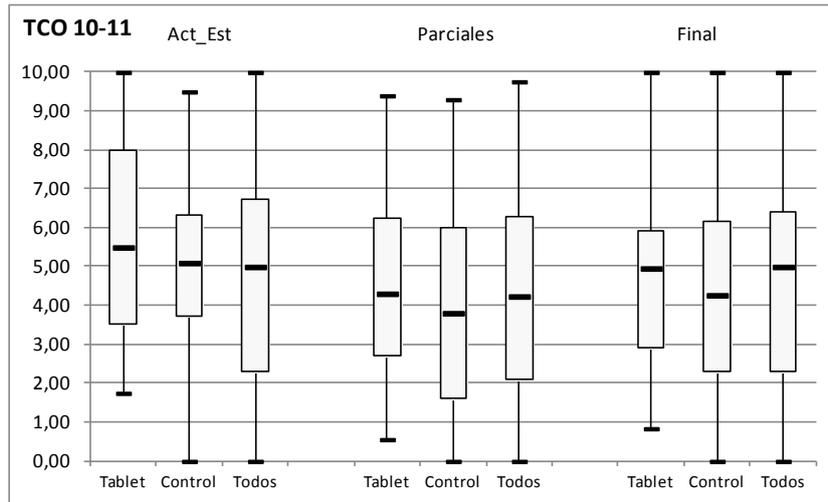


Figura 5-22: Diagramas de caja para los indicadores académicos (TCO, curso 2010-11).

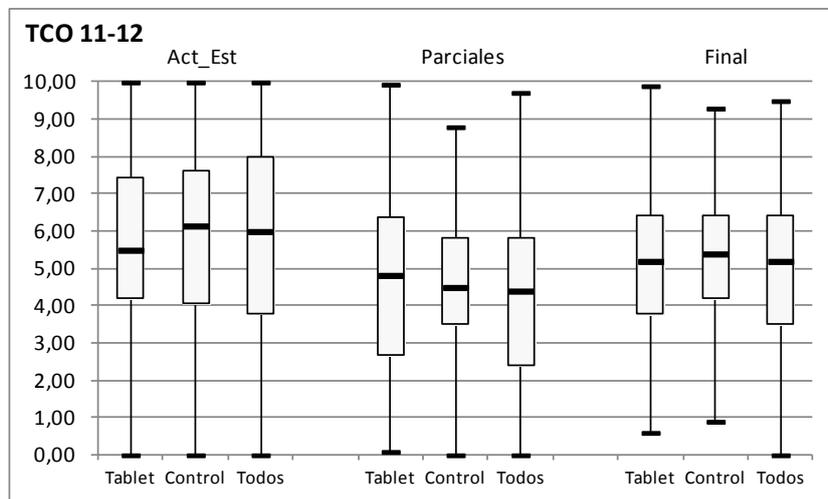


Figura 5-23: Diagramas de caja para los indicadores académicos (TCO, curso 2011-12).

En relación al curso 2012-13 (Figura 5-24), los valores centrales para el indicador *Act\_Est* son bastante parecidos, aunque algo mejor en el grupo *Control* que en el grupo *Tablet*. Sin embargo, en el caso de los indicadores *Parciales* y *Final*, tanto el cuartil inferior (*Q1*) como la mediana correspondientes al grupo *Tablet* son claramente mejores a los valores correspondientes en los otros dos colectivos (*Control* y *Todos*). Esto mismo sucede para el cuartil superior (*Q3*), aunque en el caso de la variable *Final*, cuando se comparan los grupos *Tablet* con los grupos *Control* apenas hay diferencia. Con esta pequeña excepción, y para esos mismos indicadores (*Parciales* y *Final*), se observa también un desplazamiento hacia arriba de las “cajas” del grupo *Tablet* frente a los otros dos, indicando unos resultados mejores en esa mitad de la población, que se corresponde con la zona central de la distribución (desde *Q1* a *Q3*).

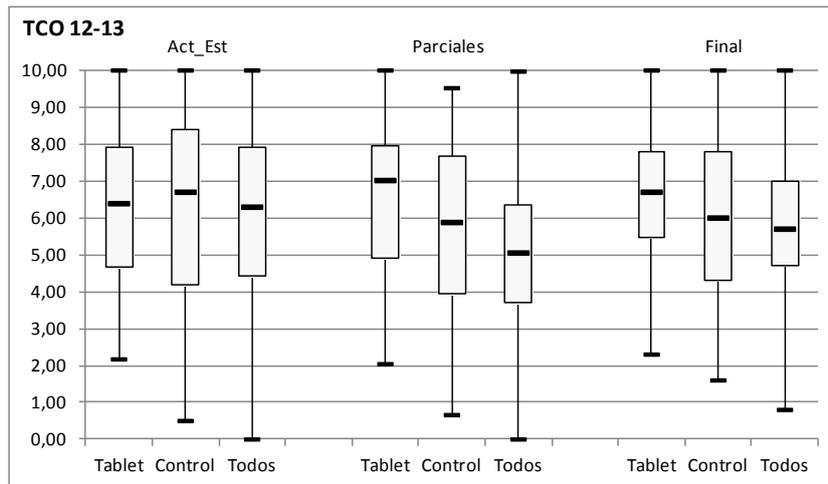


Figura 5-24: Diagramas de caja para los indicadores académicos (TCO, curso 2012-13).

A modo de resumen conviene señalar que, para el indicador *Parciales* y en los tres cursos analizados, el valor central en el grupo *Tablet* es siempre superior a los valores centrales de los grupos *Control* y *Todos*. Para el mismo indicador, se observa que el cuartil superior ( $Q3$ ) en el grupo *Tablet* también es superior al de los otros dos, a excepción del curso 2010-11 donde son prácticamente iguales. Lo mismo se podría decir del cuartil inferior ( $Q1$ ), aunque no se cumple para el curso 2011-12, pues el grupo *Control* presenta un valor algo mayor al de los otros dos colectivos.

Tal y como comentamos en el caso de FCO, los resultados de las pruebas de contraste de medias no hacen más que confirmar lo ya comentado a la hora de describir los datos anteriores relativos a las experiencias de aula en TCO. La Tabla 5-12 resume, para los tres cursos analizados, los valores estadísticos para los distintos indicadores y los dos grupos considerados.

De los valores resultantes en las pruebas de *t de student* (Tabla 5-13) se observa que, para los tres indicadores y en los tres cursos académicos, las diferencias no son estadísticamente significativas. Por tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula, o dicho de otro modo, no hemos probado que las diferencias encontradas sean extrapolables, sino que quedan dentro de lo que podemos considerar como aleatorio. Los mejores resultados se obtienen para el indicador *Parciales* y el curso 2012-13 ( $t = 1.885$  y  $Sig. = 0.063$ ), que no llega por poco a superar el umbral necesario para el nivel de confianza considerado ( $\alpha = 0.05$ ).

En lo que respecta a los cálculos del tamaño del efecto, todos los valores son pequeños, excepto para el caso del indicador *Parciales* en el curso 2012-2013, que sale moderado ( $d = 0.5$ ). Aunque en términos comparativos podemos afirmar que las diferencias son más importantes en ese curso (2012-13), algo inferiores en el curso 2010-11 y muy pequeñas en el curso 2011-12.

**Tabla 5-12: Estadísticos de grupo en TCO desde 2010-11 a 2012-13**

Curso	Variable	Grupo	Media	Desviación típica	Error típico de la media
2010-11	Act_Est	Tablet	5,29	3,03	0,41
		Control	4,88	2,32	0,25
	Parciales	Tablet	4,44	2,36	0,32
		Control	3,97	2,50	0,27
	Final	Tablet	4,82	2,44	0,33
		Control	4,36	2,33	0,25
2011-12	Act_Est	Tablet	5,74	2,30	0,27
		Control	5,68	2,49	0,25
	Parciales	Tablet	4,63	2,44	0,29
		Control	4,53	2,10	0,21
	Final	Tablet	5,10	2,19	0,25
		Control	4,96	2,15	0,21
2012-13	Act_Est	Tablet	6,32	2,18	0,39
		Control	6,30	2,76	0,38
	Parciales	Tablet	6,60	2,08	0,37
		Control	5,63	2,43	0,33
	Final	Tablet	6,54	1,90	0,34
		Control	5,99	2,32	0,32

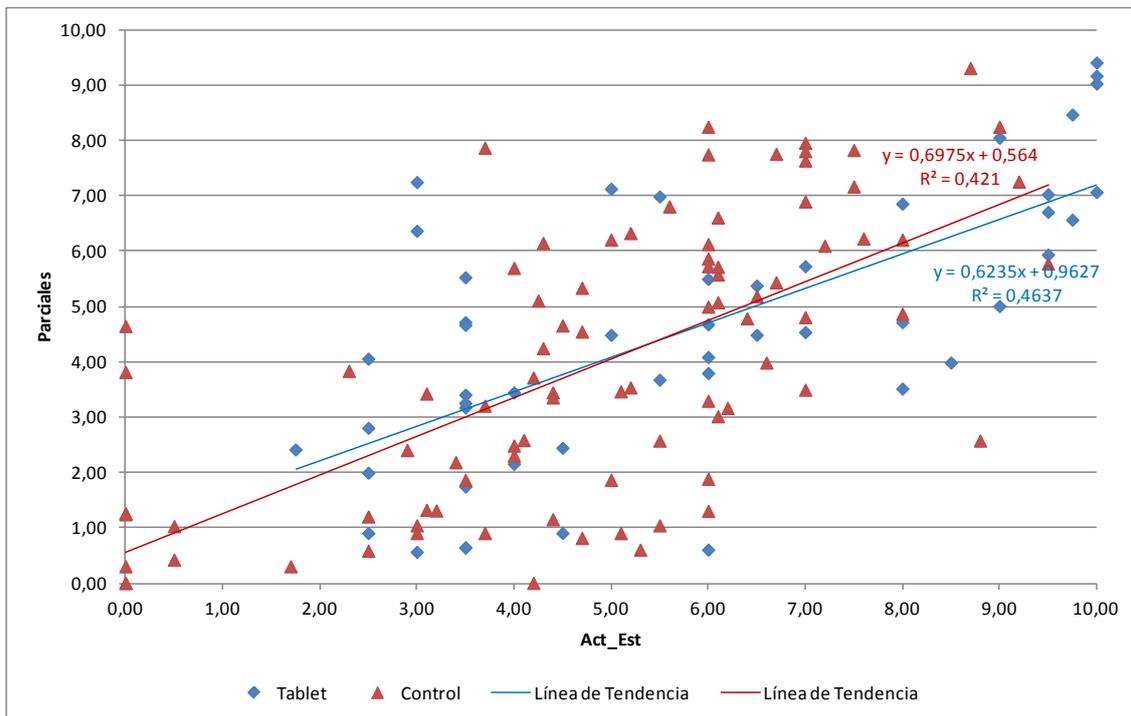
**Tabla 5-13: Prueba de muestras independientes en TCO desde 2010-11 a 2012-13**

	Variable	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias					Tamaño del efecto	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilat.)	Dif. de medias	Error típ. dif.	d de Cohen	Interpret.
2010-11	Act_Est	7,836*	0,0058*	0,855	91	0,395	0,412	0,481	0,16	pequeño
	Parciales	1,265	0,263	1,123	139	0,263	0,476	0,424	0,19	pequeño
	Final	0,002	0,961	1,123	139	0,264	0,461	0,411	0,20	pequeño
2011-12	Act_Est	0,983	0,323	0,169	179	0,866	0,062	0,369	0,02	pequeño
	Parciales	4,242*	0,041*	0,266	141	0,790	0,095	,355	0,04	pequeño
	Final	0,016	0,899	0,443	179	0,658	0,1447	,3268	0,07	pequeño
2012-13	Act_Est	1,456	0,231	0,021	172	0,983	0,012	0,573	0,01	pequeño
	Parciales	0,972	0,327	1,885	172	0,063	0,975	0,517	0,50	moderado
	Final	2,060	0,155	1,136	172	0,259	0,553	0,487	0,32	pequeño

\*: No se han asumido varianzas iguales

Uno de los problemas detectados en el análisis de las experiencias en la asignatura TCO es la variabilidad existente a la hora de definir el indicador *Act\_Est* en los distintos grupos de la asignatura. Teniendo en cuenta que todos los grupos realizan los mismos exámenes parciales y

que se definen unos criterios comunes para su evaluación, en este caso resulta de interés relacionar el indicador *Parciales* con el de actividad del estudiante (*Act\_Est*). La Figura 5-25, Figura 5-26 y Figura 5-27 representan los gráficos de dispersión que relacionan ambos indicadores para la asignatura TCO, en los tres cursos académicos objeto de análisis. Para cada uno de los cursos y grupos (*Tablet* y *Control*), se ha dibujado la recta de regresión correspondiente (*Línea de Tendencia* en las figuras), tratando de ajustar el conjunto de los datos a una función lineal. En todos los casos se observa una dispersión importante de los datos, aunque el coeficiente de correlación  $R^2$  indica que el ajuste es siempre mejor en los grupos *Tablet* que en los grupos *Control*.



**Figura 5-25:** Gráfico de correlación entre nota de actividad y nota de parciales (TCO, curso 2010-11).

Para poder obtener conclusiones más fiables respecto a actuaciones de este tipo, y dadas las dificultades en controlar los diseños, tal y como argumenta Kember [216], es conveniente triangular la información, combinando un estudio de carácter experimental y cuantitativo con estudios cualitativos, basados en encuestas, en entrevistas semiestructuradas o en *focus groups*, para que los participantes puedan evaluar la innovación o tratamiento y así, obtener información adicional que ayude en la interpretación de los resultados. En nuestro caso, hemos optado por realizar una encuesta de valoración a los participantes en los grupos experimentales, que se describe a continuación.

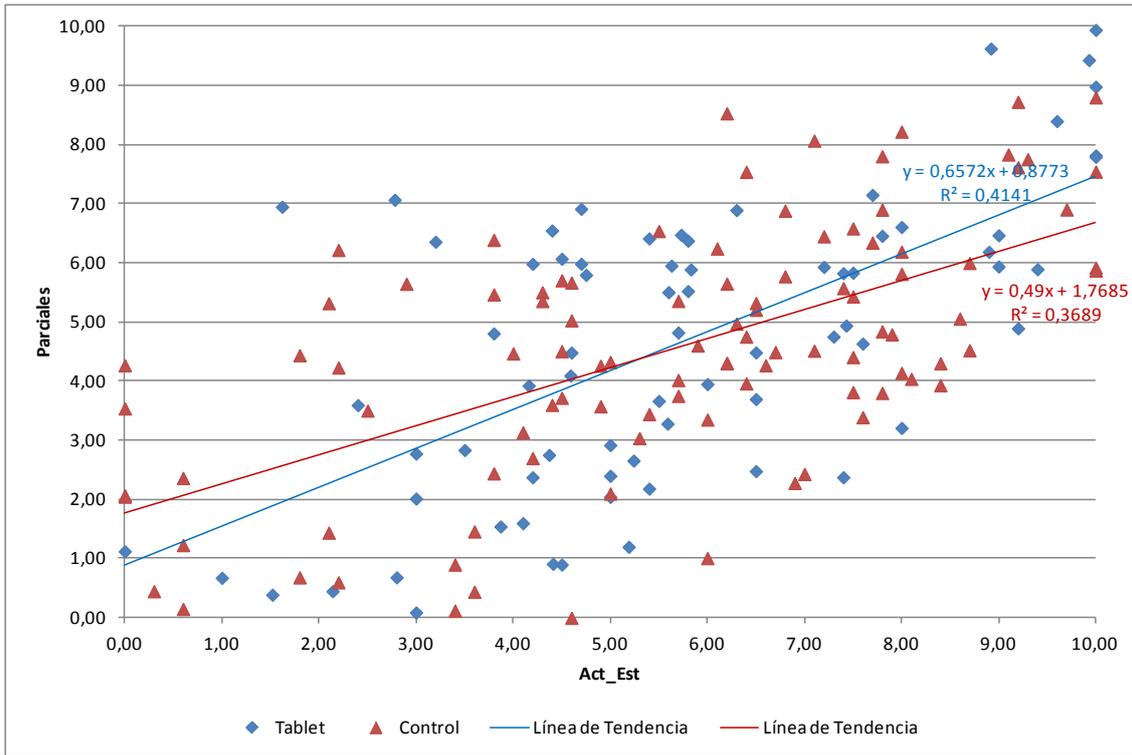


Figura 5-26: Gráfico de correlación entre nota de actividad y nota de parciales (TCO, curso 2011-12).

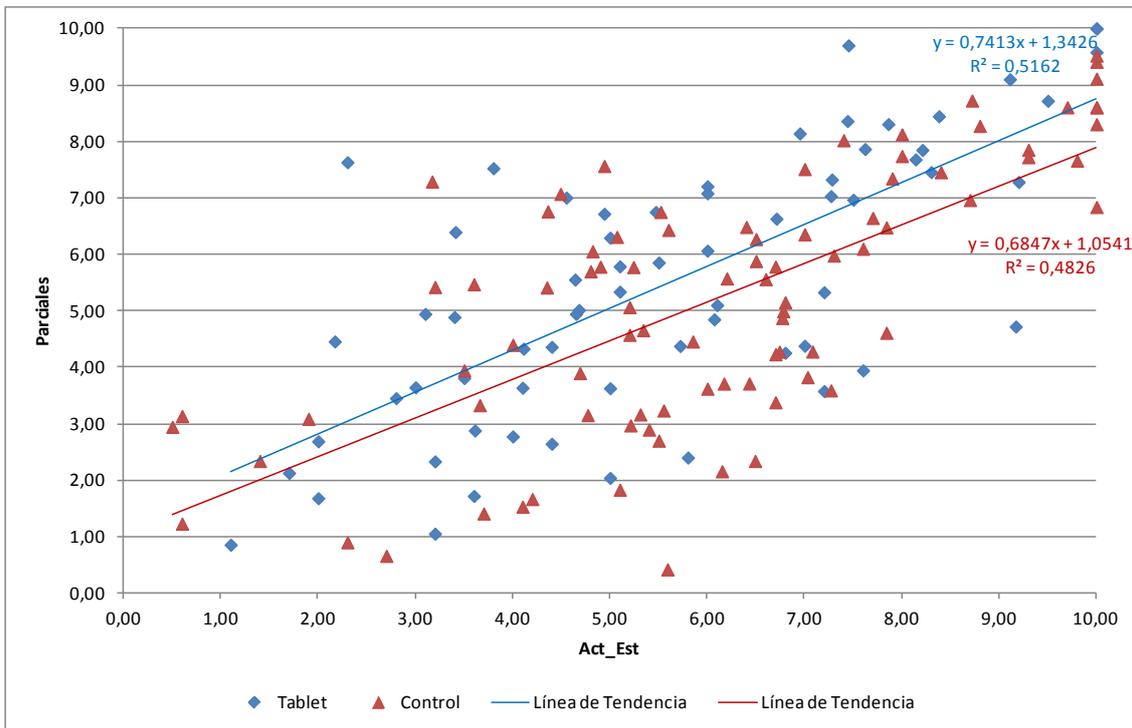


Figura 5-27: Gráfico de correlación entre nota de actividad y nota de parciales (TCO, curso 2012-13).

### Encuestas de valoración a los alumnos

Para poder obtener el grado de acuerdo de los participantes respecto a las diferentes afirmaciones y así conseguir que se posicionen, la mayoría de las cuestiones utiliza una escala

*Likert* de 5 puntos que va desde "*Totalmente en Desacuerdo*" (TD) en un extremo, a "*Totalmente de Acuerdo*" (TA) en el otro, pasando por una opinión neutra "*Ni de acuerdo ni en desacuerdo*" (N), en la posición central de la escala. Además de una serie de preguntas previas sobre información personal, el cuestionario incluye 20 preguntas, que abarcan una serie de categorías, recogidas en la Tabla 5-14. Las primeras cuestiones recogen información sociológica de los sujetos. A continuación hay un bloque que aborda distintos aspectos relacionados con las TTD como su usabilidad, eficacia, productividad o satisfacción con las mismas, seguidas de unas cuestiones centradas en las metodologías empleadas y el aprendizaje del estudiante y, finalmente, un último bloque relacionado con las expectativas y la satisfacción global de los estudiantes con las experiencias. El Anexo 5 recoge el cuestionario completo.

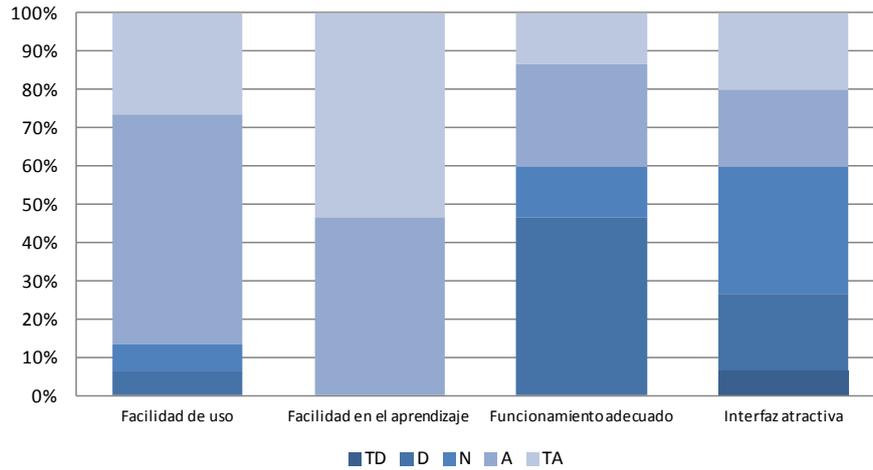
**Tabla 5-14: Cuestionario de valoración de las experiencias de aula**

<i>Categorías</i>	<i>Detalles</i>
Información personal	Sexo, edad, modalidad de acceso, trabajo, estudios anteriores
Herramientas tinta digital	Usabilidad: 4 cuestiones
	Eficacia: 2 cuestiones
	Productividad: 1 cuestión
	Satisfacción: 1 cuestión
Metodologías y Aprendizaje	7 cuestiones
Expectativas y Satisfacción global	5 cuestiones

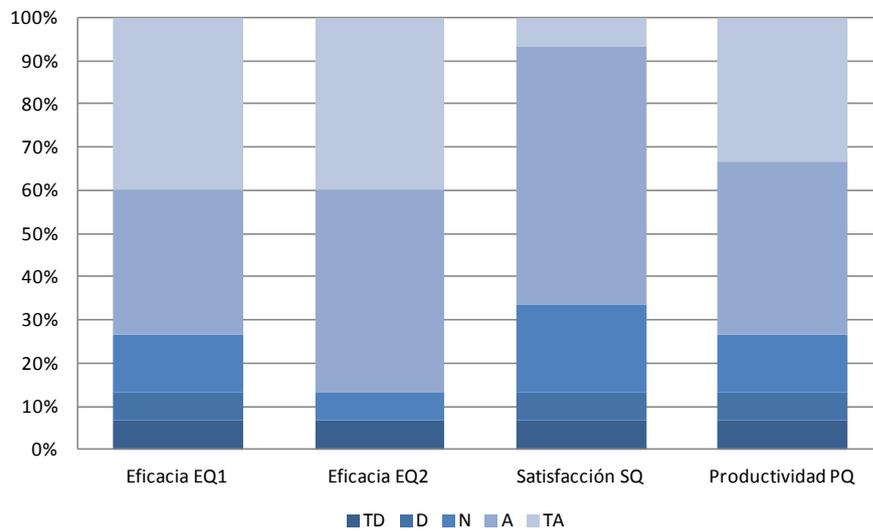
Aunque había un total 83 estudiantes matriculados en los grupos experimentales de TCO en el curso 2011-12, fueron 25 estudiantes del grupo de ENG y 34 del grupo convencional, los que completaron el cuestionario, algunos días antes de finalizar el cuatrimestre. A continuación, se resumen los principales resultados del mismo.

En cuanto a la usabilidad de las herramientas, más del 85% considera que la tecnología introducida era fácil de usar, mientras que el 100% cree que era fácil de aprender. Sin embargo, un 46% respondió que las tecnologías no estaban funcionando adecuadamente, tal vez por los problemas de calidad de servicio de la red inalámbrica, y un 27% que la interfaz no era atractiva, como se muestra en la Figura 5-28.

En relación a otras dimensiones evaluadas sobre las tecnologías empleadas, un 73% consideró que eran útiles para alcanzar sus metas de aprendizaje (EQ1); un 87% que eran útiles para completar sus tareas de aprendizaje (EQ2); un 73% respondió que las tecnologías contribuyeron a terminar las tareas en menos tiempo, en comparación con otras herramientas (PQ); mientras que sólo un 67% se sentía globalmente satisfecho con las tecnologías (SQ), como se representa en la Figura 5-29.



**Figura 5-28: Cuestiones sobre la usabilidad de las herramientas**



**Figura 5-29: Cuestiones sobre la eficacia, satisfacción y productividad de las herramientas**

Con respecto al enfoque metodológico por la incorporación de las TTD y su relación con el aprendizaje se han analizado siete cuestiones que abarcan distintos aspectos como la motivación, la dedicación, la interacción o el aprendizaje. Un 73% declaró que el enfoque instructivo utilizado aumentó su motivación por la asignatura; un 68% respondió que el enfoque les ayudó a implicarse y trabajar más en el aula (MQ2); sin embargo, un porcentaje del 60% considera que ha contribuido a aumentar la interacción con el profesor o a facilitar el trabajo colaborativo. Respecto al aprendizaje, un 82% considera que mejoró su experiencia de aprendizaje y un 73% afirma que aprendió más y mejor. Un 15%, sin embargo, considera que las TTD han contribuido a la distracción y un 24% se declaran neutros en esta cuestión, lo que manifiesta que es un aspecto a vigilar, al menos entre nuestros alumnos. Todos estos resultados se muestran en la Figura 5-30.

Por último, es importante señalar que el 87% tenía expectativas muy altas al comienzo de la experiencia, pero solo el 40% consideró que se cumplieron sus expectativas iniciales. Sin embargo, estas opiniones contrastan con las cuestiones sobre satisfacción general, donde el 80% declara estar satisfecho con el enfoque del curso y hasta el 87% recomendaría el enfoque para otros cursos, tal y como muestra la Figura 5-31.

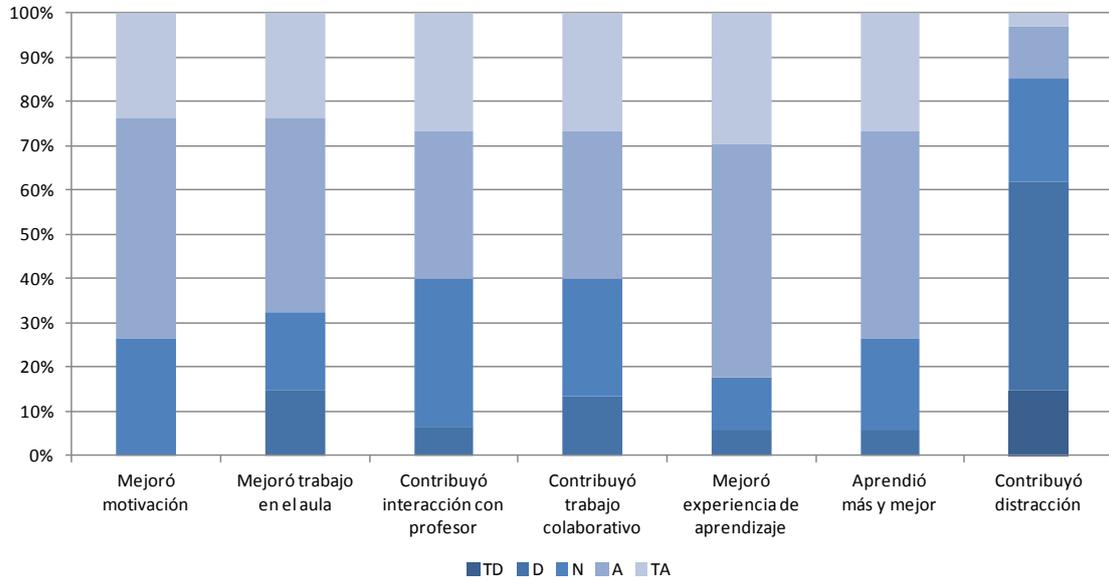


Figura 5-30: Cuestiones sobre el aprendizaje

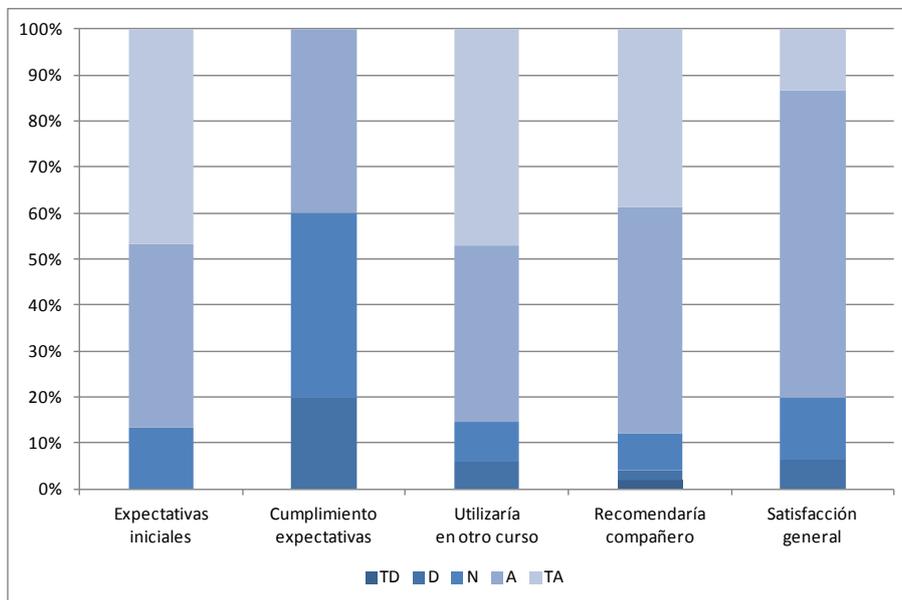


Figura 5-31: Cuestiones sobre expectativas y satisfacción general

### Resumen de resultados

La sección anterior ha abordado el análisis de las experiencias de aula desarrolladas en las asignaturas FCO y TCO, durante los tres últimos cursos académicos. Si bien resulta difícil resumir los datos obtenidos dada su disparidad, en general podemos decir que en la asignatura

FCO los resultados en el grupo *Tablet* son bastante mejores que en el grupo *Control*, y además esas diferencias se han hecho más notables en el último curso de aplicación (2012-13). En la asignatura TCO donde las experiencias se han aplicado en todos los casos a dos grupos, esas diferencias no son tan claras, si bien el indicador Parciales refleja siempre unos mejores resultados en el grupo *Tablet* que en el grupo *Control*, especialmente en el curso 2012-13. Conviene señalar también que las TTD parecen contribuir a una mejor valoración de la actividad del estudiante, ya que para los tres cursos analizados, la correlación entre este indicador (*Act\_Est*) y la nota de *Parciales* es siempre mejor en el grupo *Tablet* que en el grupo *Control*.

En relación a la valoración que hacen los alumnos de la incorporación de las TTD merece la pena destacar que alrededor de un 80% manifestó estar satisfecho con el enfoque del curso y hasta un 87% recomendaría el enfoque para otras asignaturas. En cuanto a los aspectos a mejorar, cabe señalar que un 46% respondió que las tecnologías no estaban funcionando adecuadamente, quizás relacionado con los problemas con la red inalámbrica, y un 27% que la interfaz no era atractiva.

## 5.5 Conclusiones

En este capítulo se han evaluado las propuestas metodológicas introducidas para facilitar la incorporación sistemática de las TTD en los procesos formativos, desde la óptica de sus principales destinatarios, profesores y alumnos. Una serie de talleres en los que han participado más de un centenar de profesores, en su mayoría relacionados con titulaciones de ingeniería, nos ha permitido presentar y validar las propuestas metodológicas, desde la perspectiva del docente. Las respuestas de los profesores a los cuestionarios confirman el potencial de las TTD en las enseñanzas de ingeniería, habiendo destacado principalmente las dimensiones de Interacción y Evaluación, así como las posibilidades de las TTD para introducir elementos gráficos, bien sea para presentar contenidos o para realizar actividades, en todos los casos con porcentajes del orden del 90%. Sin embargo, pese al gran interés que despertaron los talleres y el número de participantes en los mismos, y de acuerdo con la terminología utilizada por Rogers [217] para definir el nivel de adopción de las tecnologías por parte de los profesores, podemos considerar que solo 3 *innovators* y 10 *early adopters* han participado en la implantación de experiencias de uso de las TTD en la docencia reglada, lo que supone un porcentaje relativamente bajo respecto del número de participantes en los talleres, y demuestra los reparos de los docentes a la incorporación de las TIC.

Respecto a las experiencias de aula podemos señalar que, en opinión de los participantes en la misma (alumnos y profesores), la aplicación de las propuestas metodológicas para la incorporación de las TTD ha mejorado la dinámica del aula, ha facilitado la interacción profesor-alumno y ha posibilitado una realimentación más rica y oportuna, tanto dentro como

fuera del aula. Además, se ha observado que los resultados de rendimiento académico de los alumnos participantes en los grupos *Tablet*, durante los tres últimos cursos son, en un buen número de los casos analizados, algo mejores. Sin embargo, el análisis de los datos no nos permite afirmar que, en general, las diferencias en el rendimiento respecto a los grupos *Control* sean estadísticamente significativas, si bien se han conseguido los mejores resultados en el último año de aplicación (curso 2012-13). Merece también ser destacado que, en todos los casos analizados, se ha podido observar en los grupos *Tablet* una mayor correlación entre la nota de la actividad del estudiante y la nota de parciales, si bien nuevamente las diferencias son pequeñas.

# Capítulo 6

## Contribuciones, conclusiones y trabajos futuros

En este capítulo se resumen las aportaciones de la presente tesis doctoral, presentando las principales conclusiones de la misma y las diferentes publicaciones a las que ha dado lugar. Por último, se comentan otras tareas relacionadas que forman parte de las líneas de trabajo futuro.

### 6.1 Contribuciones

La finalidad principal de esta tesis ha sido el diseño, la implementación y la evaluación de una propuesta metodológica para guiar aquellos procesos formativos que incorporan tecnologías de tinta digital (TTD), haciendo especial énfasis en el ámbito de la educación superior. Una vez identificadas estas tecnologías, tanto desde el punto de vista de los dispositivos como del software que explota su potencialidad, y revisados numerosos ejemplos de aplicación de estas tecnologías en los distintos niveles educativos, este trabajo se ha centrado en el desarrollo de distintas propuestas metodológicas que, partiendo de un determinado modelo instructivo, fueran capaces de guiar a los docentes en la integración de las TTD, de una forma sistemática y efectiva.

A continuación, se resumen las principales aportaciones de la presente tesis y se relacionan con las publicaciones más relevantes a que han dado lugar:

- *Propuesta metodológica de incorporación de las TTD basada en el modelo ADDIE* ([P4][P5][P6][P8][P10][P12][P15]). Del análisis de la problemática de diferentes asignaturas de titulaciones de ingeniería informática, y tomando en consideración las posibilidades instructivas de las TTD, se ha formulado una propuesta metodológica de incorporación de estas tecnologías que, en su aplicación a asignaturas tecnológicas de primeros cursos, ha mostrado unos resultados muy satisfactorios. Además se ha formulado una serie de recomendaciones que facilitan su implantación en otros contextos.

- *Modelización de los dominios instructivo y tecnológico mediante mapas conceptuales* ([P7][P14][P16]). Como base de la generalización de nuestra propuesta metodológica se han elaborado unos mapas conceptuales que representan el dominio instructivo, con un foco especial en el enfoque basado en clase magistral. Del mismo modo, se ha producido un mapa conceptual general que representa nuestro conocimiento sobre tecnologías de tinta digital, junto con una serie de submapas que profundizan en los aspectos más relevantes de las mismas. En particular, merece la pena destacar el submapa de servicios, el de tinta digital y sus posibilidades formativas, así como el submapa de las herramientas software con soporte para tinta digital.
- *Propuesta metodológica generalizada basada en el uso de mapas conceptuales* ([P2][P3][P9][P11][P13]). Una vez que el profesor ha definido sus requerimientos instructivos mediante mapas conceptuales, el proceso de correspondencia entre dominios se encarga de buscar los conceptos relacionados en el mapa que modeliza el dominio tecnológico de las tabletas PC, para así poder generar las recomendaciones de uso pertinentes. En particular, hemos utilizado los conceptos terminales del submapa de servicios, ya que son éstos los que recogen las posibilidades formativas genéricas de las TPC. Por último, se hace uso de las relaciones entre el submapa de servicios y el submapa de herramientas software con soporte para tinta digital, para así proporcionar al docente ejemplos concretos de aplicaciones a utilizar.
- *Catálogo de patrones de diseño de tinta digital y ejemplos de aplicación* ([P1][P16]). Con el fin de ayudar a los docentes a aplicar las recomendaciones proporcionadas por nuestra propuesta metodológica, se ha definido un conjunto de patrones de diseño, organizados por categorías (Enriquecedor Contenidos, Facilitador Actividad, Motivador, Evaluador) que, a modo de mecanismos mediadores, pretenden resumir lo que, a partir de nuestras experiencias en el ámbito de la educación superior, podemos considerar buenas prácticas en el uso de las TTD. Para cada una de las categorías, se han elaborado los esquemas de los patrones que incluyen, entre otros aspectos, un boceto del mismo, así como ejemplos concretos de aplicación.

## 6.2 Conclusiones

En la presente memoria se ha introducido primeramente la motivación que ha dado lugar a este trabajo de investigación, se ha justificado la actualidad del tema y se han definido sus objetivos. A continuación, se ha realizado una revisión de la literatura sobre las TTD y su aplicación en los procesos formativos, con especial énfasis en el nivel universitario y, más concretamente, en el ámbito de los estudios de ingeniería. Todo este estudio previo nos ha permitido sintetizar las posibilidades formativas de las TTD.

Del análisis de la problemática de diferentes asignaturas de titulaciones de ingeniería informática, y tomando en consideración las posibilidades instructivas de las TTD, se ha formulado una propuesta inicial basada en el modelo de diseño instructivo ADDIE, que fue ensayada en los primeros casos de estudio de esta investigación y sirvió para detectar buenas prácticas en el uso de las tecnologías. Esta primera fase de la investigación ha propiciado una generalización de nuestra propuesta metodológica, basada en la modelización de los entornos mediante mapas conceptuales, que ha sido complementada con la introducción de un catálogo de patrones de diseño de tinta digital.

Una serie de talleres en los que han participado más de un centenar de profesores, en su mayoría relacionados con titulaciones de ingeniería, nos ha permitido presentar y validar las propuestas metodológicas, desde la perspectiva del docente. Las respuestas de estos profesores confirman el potencial de las TTD en las enseñanzas de ingeniería, habiendo destacado principalmente en cuanto a sus posibilidades para fomentar la interacción en el aula, facilitar la evaluación del estudiante, así como para introducir elementos gráficos, bien sea a la hora de presentar contenidos o de realizar actividades.

Respecto a las experiencias de aula podemos señalar que, en opinión de los estudiantes participantes en la misma, la aplicación de las propuestas metodológicas para la incorporación de las TTD ha mejorado la dinámica del aula, ha facilitado la interacción profesor-alumno, y ha posibilitado una realimentación más rica y oportuna, tanto dentro como fuera del aula. Los resultados académicos han mejorado si bien, en general, las diferencias no son estadísticamente significativas.

Pese al gran interés que despertaron los talleres dirigidos a profesores y el alto número de participantes en los mismos, ha sido difícil encontrar colegas dispuestos a poner en práctica nuestras propuestas metodológicas en sus asignaturas, de una forma continuada. En ocasiones, estos docentes han apostado por actuaciones que podríamos considerar puntuales. La necesidad de unos equipos especiales, junto con la de una infraestructura fiable de red, ha sido otro de los obstáculos con los que hemos tenido que luchar. En cualquier caso, creemos que la penetración cada vez mayor de las tabletas en el mercado y, más en particular, en los entornos universitarios, abre nuevas vías de aplicación de nuestras propuestas.

### **6.3 Publicaciones relacionadas con la tesis**

Los resultados generados en la presente tesis se han publicado en revistas, capítulos de libro y actas de varios congresos, nacionales e internacionales, algunos de ellos indexados en el *Computing Research & Education (CORE) Conference Ranking*. A continuación se enumeran las diferentes publicaciones:

### Revistas

- [P1] F. Buendía-García and J.V. Benlloch-Dualde, "Using patterns to design technology-enhanced learning scenarios," *eLearning Papers*, [Online] vol 27, pp. 1-12, Nov. 2011. Available: <http://www.openeducationeuropa.eu/en/node/111101?paper=111465>.
- [P2] J. V. Benlloch-Dualde, F. Buendía, J. C. Cano, S. Blanc, and L. Lemus, "Helping Teachers Create a Dynamic Learning Environment Using Pen-based Technology," *Int. J. of Technologies in Learning*, vol. 19, no. 2, pp. 107-120, 2013.
- [P3] J.V. Benlloch-Dualde and F. Buendía-García, "Technology-enhanced Learning Scenarios based on Digital Ink & Tablet PCs," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 106, pp. 2583-2587, Dec. 2013.
- [P4] S. Blanc and J.V. Benlloch-Dualde, "Digital Learning Object Production in Engineering Courses," *IEEE Journal of Latin-American Learning Technologies (IEEE-RITA)*, vol. 9, no. 2, pp. 43-48, May 2014.

### Capítulos de libro

- [P5] J. V. Benlloch-Dualde, F. Buendía-García, and J. C. Cano Escribá, "Assessing the potential of a mobile Tablet PC solution in a freshman Computer Engineering course", in the impact of tablet PCs and pen-based technology on educ.: evidence and outcomes, R. H. Reed, D. A. Berque, and J. C. Prey, Eds. West Lafayette, IN: Purdue University Press, 2008, pp. 160.
- [P6] J. V. Benlloch-Dualde, J. C. Cano Escribá, F. Buendía García, L. Lemus Zúñiga, and O. Martínez-Bonastre, "Tablet PC-based Learning Environment to Improve Academic performance in a freshman Computer Engineering course", in the impact of tablet PCs and pen-based technology on educ.: new horizons, D.A. Berque, L.M. Konkle and R.H. Reed, Eds. West Lafayette, IN: Purdue University Press, 2009, pp. 146.
- [P7] J. V. Benlloch-Dualde, F. Buendía, J. C. Cano, and L. Lemus Zúñiga, "Using conceptual maps to support instructors in designing Tablet PC-based courses", in the impact of tablet PCs and pen-based technology on educ.: going mainstream, R. H. Reed, and D. A. Berque, Eds. West Lafayette, IN: Purdue University Press, 2010, pp. 145.
- [P8] J. V. Benlloch-Dualde, F. Buendía García, and J. C. Cano, "Tecnología de Tablet PC para el Desarrollo de un Entorno de Aprendizaje Interactivo en un Primer Curso de Ingeniería Informática," in TICAI2009: TICs para a Aprendizagem da Engenharia, C. Vaz de Carvalho, R. Silveira, M. Caeiro Rodriguez, Eds., Porto, Portugal: IEEE, Sociedade de Educação: Capítulos Espanhol e Português, 2011, ch. 4, pp. 29-34.
- [P9] F. Buendía-García and J. V. Benlloch-Dualde, "Supporting teachers to change paradigms in computer engineering courses by using tablets and digital ink," in Cambridge book chapter, 2014 (in press).

### Conferencias indexadas

- [P10] J. V. Benlloch-Dualde, F. Buendía, J. C. Cano, "A Tablet PC-Based Learning Approach on a First-Year Computer Engineering Course," in *Proc. of 9th IEEE Int. Conf. Advanced Learning Technologies (ICALT 2009)*, Riga, Latvia, pp. 86-87. Obtuvo el "Best Paper Award".
- [P11] J. V. Benlloch-Dualde, F. Buendía, J. C. Cano, "Supporting instructors in designing Tablet PC-based courses," in *Proc. 2010 IEEE 10th Int. Conf. Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Sousse, Tunisia, pp. 591-593.

- [P12] J. V. Benlloch-Dualde, F. Buendía, J. C. Cano, "On the Design of Interactive Classroom Environments based on the Tablet PC Technology," in *Proc. 2010 IEEE Frontiers Educ. Conf.*, Arlington, VA, pp. T4C-1 - T4C-6.
- [P13] J. V. Benlloch-Dualde, F. Buendía, L. Lemus, J. C. Cano, J. V. Gutierrez Cuba, A. Lopez-Malo, and E. Palou, "Redesigning engineering courses by introducing digital ink technology," in *Proc. 2013 IEEE Frontiers Educ. Conf.*, Oklahoma City, OK, pp. 44-49.

### Conferencias internacionales

- [P14] J. V. Benlloch-Dualde, F. Buendía, J. C. Cano, "A Tablet PC-based teaching approach using conceptual maps," in *Proc. 2010 IEEE Educ. Eng. (EDUCON)*, Madrid, Spain, pp. 671-676.
- [P15] J. V. Benlloch-Dualde, F. Buendía, N. Prieto, J. C. Cano, "Using Tablet PC technologies to support interactive classroom environments," in *Proc. of Int. Conf. Educ. and New Learning Technologies-EDULEARN11*, Barcelona, Spain, pp. 6569-6576.
- [P16] F. Buendía-García and J. V. Benlloch-Dualde, "Concept maps and patterns for designing learning scenarios based on digital-ink technologies," in *Int. Workshop on Evidence-Based Technology Enhanced Learning, AISC*, vol. 152, P. Vittorini et al. Eds. Berlin Heidelberg, Germany: Springer, 2012, pp. 27-35.
- [P17] F. Buendía-García, J. V. Benlloch-Dualde, "Towards the integration of tablets and digital ink in computer engineering courses," in *Proc. INNODOCT/13. New Changes in Technology and Innovation*, Valencia, Editorial de la Universitat Politècnica de València, pp. 61-63.

### Conferencias nacionales

- [P18] J. V. Benlloch-Dualde, J. C. Cano, F. Buendía, "Tinta digital aplicada a la enseñanza universitaria de la Informática: menos lecciones y más actividades," en *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2010)*, Santiago de Compostela, pp. 379-385.
- [P19] J. Más-Estellés, J. V. Benlloch-Dualde, "Utilización de tinta digital para favorecer la implantación de una asignatura del grado en Ingeniería Informática," en *Actas de las XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2011)*, Sevilla, pp. 493-496.
- [P20] F. Buendía-García, J. V. Benlloch-Dualde, "Propuesta de patrones a partir de experiencias e-learning basadas en el uso de tecnologías de tinta digital," en *Actas del 2º Taller sobre Ingeniería del Software en eLearning (ISELEAR'11)*, Madrid, pp. 99-111.
- [P21] F. Buendía-García, J. V. Benlloch-Dualde, "Experiencias TIC aplicadas a la gestión de Proyectos Fin de Carrera (PFC) en el ámbito de la Web," en *Actas de las XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2012)*, Ciudad Real, pp. 231-238.
- [P22] J. V. Benlloch-Dualde, F. Buendía, L. Lemus, P. Gil, Á. Perles, A. Bolta, N. Prieto, J. Más, S. Blanc, y J. C. Cano, "Tecnologías de tinta digital. Retos y oportunidades para alumnos y profesores," en *Actas de las Jornadas de Innovación Educativa de la UPV*, Universitat Politècnica de València, 2012, pp. 43-46.

## 6.4 Trabajos futuros

Como trabajo futuro se tiene previsto afrontar las siguientes actividades:

- *Procesado automático de las sentencias creadas a partir de los mapas conceptuales y generación de recomendaciones.* Se trata de utilizar el lenguaje XML para representar los mapas conceptuales generados para modelizar tanto el dominio instructivo como el tecnológico. Esto facilitaría la elaboración de los cuestionarios y el análisis automático de las respuestas, a partir de las que se podrían generar las recomendaciones de uso de las tecnologías. En esta misma línea, se plantea introducir el uso de ontologías, tesauros o *topic maps*, de forma que los vocabularios utilizados fueron más concretos, y la modelización de los dominios resultara más guiada.
- *Ampliación de los ejemplos de patrones de diseño “digital ink” y elaboración de un procedimiento de evaluación.* Se plantea completar los ejemplos de uso del catálogo de patrones de diseño descrito en el Capítulo 4, ampliando asimismo los ámbitos de aplicación a otras áreas de conocimiento. Por otro lado, se propone el diseño de un procedimiento de evaluación que interpele a los profesores sobre la bondad de los patrones de diseño, y cómo les ayudan en la incorporación de las tecnologías en su ámbito formativo particular.
- *Desarrollo de una herramienta para la realización de ejercicios de respuesta abierta mediante tinta digital.* Conscientes del alto interés que han demostrado las aplicaciones de evaluación que incorporan preguntas de respuesta cerrada, se trata de ampliar su ámbito facilitando el uso de la tinta digital para poder responder libremente a todo tipo de preguntas. En el equipo de innovación *iNOVATiNK*, coordinado por el autor de esta tesis, ya se dispone de un primer prototipo de la herramienta, denominado *EvalTICS* [200]. Se pretende igualmente que estas herramientas queden integradas en la utilidad de exámenes disponible en *PoliformaT*, la plataforma de campus virtual de la UPV.
- *Desarrollo de una herramienta de presentación y colaboración multiplataforma con facilidades de tinta digital.* Una vez demostrada la bondad de este tipo de aplicaciones la idea es utilizar HTML5 como base del desarrollo de la misma y así permitir un acceso vía navegador web. Desde la presentación del *iPad* en 2010, la penetración de las tabletas no ha hecho más que aumentar. Si la tendencia continúa y se extiende entre los universitarios, como ya de hecho está ocurriendo, este tipo de herramienta permitiría la aplicación de nuestra propuesta a este tipo de dispositivos e incluso a *smartphones*, con un enfoque multimodal, donde además de la tinta digital, se debería considerar la entrada táctil y, por qué no, las entradas de voz.
- *Ampliación de los ámbitos de aplicación de nuestras propuestas metodológicas.* Hasta el momento, las propuestas se han ensayado principalmente en el ámbito universitario y,

---

más concretamente, en titulaciones de ingeniería. Se considera de gran interés extender su aplicación a otros niveles educativos y, en general, a otros ámbitos. Las experiencias iniciales llevadas a cabo en cursos de la última etapa de enseñanza primaria, y en unos módulos de la universidad sénior, han mostrado un gran potencial, pero sin duda requieren de estudios adicionales. Por otro lado, creemos que la aplicación al área de la formación del personal sanitario podría ser asimismo de gran utilidad.



## Referencias Bibliográficas

- [1] W. Reinhardt, C. Meier, H. Drachsler, and P. Sloep, "Analyzing 5 Years of EC-TEL Proceedings," in *Towards Ubiquitous Learning. Lecture Notes in Computer Sci.*, vol. 6964, C. Delgado Kloos et al. (Eds.), Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 531–536.
- [2] M. C. Pham, M. Derntl, and R. Klamma, "Development Patterns of Scientific Communities in Technology Enhanced Learning," *Educational Technology & Soc.*, vol 15, no. 3, pp. 323-335, 2012.
- [3] *Tel-Map Project. Possible futures for technology enhanced learning – dynamic roadmapping for uncertain times* [Online]. Available: <http://www.telmap.org/>.
- [4] European Commission. CORDIS (Community Research and Development Information Service. FP7. ICT Programme. *TeLearn - European research on technology-enhanced learning* [Online]. Available: [http://cordis.europa.eu/fp7/ict/telearn-digicult/telearn\\_en.html](http://cordis.europa.eu/fp7/ict/telearn-digicult/telearn_en.html).
- [5] European Commission. (2009). *Updated Work Programme 2009 and Work Programme 2010. Cooperation. Theme 3. ICT – Information and Communications Technologies* [Online]. Available: [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ict-wp-2009-10\\_en.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ict-wp-2009-10_en.pdf).
- [6] European Commission. (2011). *Updated Work Programme 2011 and Work Programme 2012. Cooperation. Theme 3. ICT – Information and Communications Technologies* [Online]. Available: [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ict-wp-2011-12\\_en.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ict-wp-2011-12_en.pdf).
- [7] *STELLAR Project (Sustaining Technology Enhanced Learning Large-scale multidisciplinary Research). Assumptions, theoretical framing, philosophical underpinnings* [Online]. Available: [http://www.stellarnet.eu/d/1/1/2\\_Assumptions\\_theoretical\\_framing\\_philosophical\\_underpinnings](http://www.stellarnet.eu/d/1/1/2_Assumptions_theoretical_framing_philosophical_underpinnings).
- [8] B. P. Woolf, "A Roadmap for Education Technology", Final GROE Project Report, 2010 [Online]. Available: [http://www.cra.org/ccc/docs/groe/GROE\\_Roadmap\\_for\\_Education\\_Technology\\_Final\\_Report.pdf](http://www.cra.org/ccc/docs/groe/GROE_Roadmap_for_Education_Technology_Final_Report.pdf).
- [9] Fundación de la Innovación Bankinter. La educación del siglo XXI. Una apuesta de futuro, 2011. [Online]. Available: [http://www.fundacionbankinter.org/system/documents/8498/original/FTFXVI\\_Educacion\\_FINAL.pdf](http://www.fundacionbankinter.org/system/documents/8498/original/FTFXVI_Educacion_FINAL.pdf)
- [10] Fundación Telefónica, "Universidad 2020: Papel de las TIC en el nuevo entorno socio-económico", Ed. Ariel, 2011.
- [11] P. Marqués, "Las competencias digitales de los docentes", 2008.
- [12] L. Johnson, S. Adams, M. Cummins, "Informe Horizon del NMC: Edición para la enseñanza universitaria 2012," Austin, Tejas: The New Media Consortium, 2012.
- [13] European Commission. "The Bologna Declaration on the European space for higher education: an explanation, 1999. [Online]. Available: [http://www.nvao.net/page/downloads/Bologna\\_Declaration.pdf](http://www.nvao.net/page/downloads/Bologna_Declaration.pdf)
- [14] J. González and R. Wagenaar, Tuning Educational Structures in Europe, Final Report, Phase One, 2003.
- [15] F. Crozier et al., "Terminology of quality assurance: towards shared European values?", European Association for Quality Assurance in Higher Educ. 2006. [Online]. Available: [http://www.enqa.eu/indirme/papers-and-reports/occasional-papers/terminology\\_v01.pdf](http://www.enqa.eu/indirme/papers-and-reports/occasional-papers/terminology_v01.pdf)
- [16] J. Stuart and R.J. Rutherford, "Medical student concentration during lectures", *Lancet* 2 (8088), 1978, pp. 514–516.

- [17] A. King, "From sage on the stage to guide on the side," *College Teaching*, vol. 41, pp. 30-36, 1993.
- [18] C.C. Bonwell and J.A. Eison, J.A. Active learning: Creating excitement in the classroom. ASHE-ERIC Higher Educ. Report No. 1. Washington, DC: The George Washington Univ., School of Educ. and Human Development, 1991.
- [19] R. Capilla Lladró, "Análisis estratégico de los estudios TIC en la Universidad Politécnica de Valencia," Ph.D., Universidad Politécnica de Valencia, 2009.
- [20] J. Más et al., "Rendimiento académico de los estudios de Informática en algunos centros españoles," en *Actas de las XV Jornadas de Enseñanza universitaria de la Informática (JENUI 2009)*, Barcelona, Spain.
- [21] Vicerrectorado de Alumnado e Intercambio de la Universidad Politécnica de Valencia. Area de Rendimiento Académico y Evaluación Curricular. "Rendimiento Académico de las Asignaturas. Facultad de Informática. Curso 2006-2007", UPV. 2008.
- [22] R. Rodríguez, J. Hernández, E. Diez-Itza, A. Alonso, "El absentismo en la Universidad: resultados de una encuesta sobre motivos que señalan los estudiantes para no asistir a clase", *Aula abierta*, no. 82, pp. 117-146, 2003.
- [23] J.L. Posadas, M.E. Gómez, A. Robles, M. Rubio, "Estudio de la carga de trabajo del alumnado en las titulaciones de ITIG e ITIS para la adaptación al EEES", en *Actas de las XII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2006)*, Bilbao, Spain.
- [24] E. Tovar, O. Soto, C. Romero, "Estudio de rendimiento en asignaturas de primer curso en una titulación de Ingeniería en Informática," en *Actas de las XV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2009)*, Barcelona, Spain.
- [25] F. Fernández, "Servicios de apoyo para la introducción de las TIC en la universidad española, Campos Virtuales y Plataformas de Teleformación", Vicerrectorado de Tecnología e Innovación Educativa, Universidad de Alicante, 2005.
- [26] 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, 2002.
- [27] N. Cosoy. (2011, Julio 14). *Cómo la tecnología ha cambiado el español*, BBC Mundo, Noticias, Tecnología, [Online]. Available: [http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2011/07/110713\\_tecnologia\\_idioma\\_palabras\\_nc.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2011/07/110713_tecnologia_idioma_palabras_nc.shtml).
- [28] R. Anderson, R. Anderson, B. Simon, S. A. Wolfman, T. VanDeGrift, and K. Yasuhara, "Experiences with a tablet PC based lecture presentation system in computer science courses," *SIGCSE Bull.*, vol. 36, no. 1, pp. 56-60, Mar 2004.
- [29] R. R. Weitz, B. Wachsmuth, and D. Mirliss, (2006). "The tablet PC for faculty: A pilot project," *Educational Technology and Soc.*, vol. 9, no. 2, pp. 68-83, 2006.
- [30] A. Enriquez, "Enhancing student performance using tablet computers," *College Teaching*, vol. 58, no. 3, pp. 77-84, 2010.
- [31] Q. Wang and H. L. Woo, "Systematic planning for ICT integration in topic learning," *Educational Technology and Soc.*, vol. 10, no. 1, pp. 148-156, 2007.
- [32] A. Chickering and Z. Gamson, "Seven principles of good practice in undergraduate education," *AAHE Bulletin*, 39, pp. 3-7, 1987.
- [33] Dick and L. Carey, *The Systematic Design of Instruction* (4th Ed.). New York: Harper Collins College Publishers, 1996.
- [34] Higher Education HP Technology for Teaching Grant Initiative Recipients, (2008). [Online] Available: [http://www.hp.com/hpinfo/socialinnovation/us/programs/tech\\_teaching/hied\\_global.html](http://www.hp.com/hpinfo/socialinnovation/us/programs/tech_teaching/hied_global.html)
- [35] W. Adrion, "Research methodology in software engineering," *ACM SIGSOFT Software Eng. Notes*, vol. 18, no. 1, pp. 36-37, 1993.
- [36] K. Mock, T. Hammond, "From Convertibles to Slates: More than a Notebook," in *Tablet PC in K-12 Educ.*, M. van Mantgem, Ed. Eugene, OR: Int. Soc. for Technology in Educ. (ISTE), 2008, pp. 9-31.
- [37] G. AlRegib, M.H. Hayes, E. Moore, and D.B. Williams, "Technology and Tools to Enhance Distributed Engineering Education," *Proc. of the IEEE*, vol. 96, no. 6, pp. 951-969, Jun 2008.
- [38] Anoto Digital Pen ( <http://www.anoto.com/the-pen-2.aspx> ).

- [39] Wacom tablets and displays ( <http://www.wacom.com/productinfo/> ).
- [40] BECTA (The British Educational Communications and Technology Agency), "What the research says about interactive whiteboards," Coventry, England, 2003.
- [41] T.L. Dimond, "Experimental device for reading handwritten numbers," *Electronic Equipment*, vol. 6 no. 1, pp. 6-7, Jan. 1958.
- [42] M.R. Davis and T.O. Ellis, "The RAND Tablet: A Man-Machine Graphical Communication Device", AFIPS Fall Joint Computer Conf. #26, part 1, 1964, Spartan Books, Baltimore, Maryland, pp. 325-331.
- [43] A.C. Kay, "The Reactive Engine", Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 1969.
- [44] T. Hormby, "The Story Behind Apple's Newton", 2006 (<http://lowendmac.com/orchard/06/john-sculley-newton-origin.html> ).
- [45] Apple "iPad Available in US on April 3" (Apple Press Info), March 5, 2010. [Online] Available: <http://www.apple.com/pr/library/2010/03/05iPad-Available-in-US-on-April-3.html>
- [46] Intel, "Ultrabooks uncovered", July 28, 2011 [http://blogs.intel.com/technology/2011/07/the\\_world\\_of\\_computing\\_is/](http://blogs.intel.com/technology/2011/07/the_world_of_computing_is/).
- [47] Microsoft. "[Microsoft Announces Surface: New Family of PCs for Windows](#)" (Press release), June 18, 2012.
- [48] A. P. Buzan, "Use your head," London: BBC Books, 1974.
- [49] A. Deal, "Classroom Response Systems. A Teaching with Technology White Paper," Office of Technology for Educ., Carnegie Mellon Univ., Nov 2007 [Online] Available: [http://www.cmu.edu/teaching/resources/PublicationsArchives/StudiesWhitepapers/ClassroomResponse\\_Nov07.pdf](http://www.cmu.edu/teaching/resources/PublicationsArchives/StudiesWhitepapers/ClassroomResponse_Nov07.pdf).
- [50] M. Elgan, "Why the iPad is a Pen-based Tablet, 2011 (Retrieved at <http://www.cultofmac.com/why-the-ipad-is-a-pen-based-tablet/100458>).
- [51] OECD, "Schooling for Tomorrow: Learning to Change: ICT in Schools," Centre for Educational Research and Innovation, Paris, France, 2001.
- [52] European Commission, "Elearning: Better Elearning for Europe," Directorate-General for Educ. and Culture, Luxembourg, 2003.
- [53] O. E. Dyrli, D.E. Kinnaman, "Teaching Effectively with Technology." *Technology and Learning magazine*, 1995. [Online] Available: <http://www.writesite.org/html/art1.html>.
- [54] S. C. Ehrmann, "Technology Changes Quickly But Education Changes Slowly. A Counter-Intuitive Strategy for Using IT to Improve The Outcomes of Higher Education," [Online] Available: <http://www.tltgroup.org/resources/visions/Outcomes.html>.
- [55] A. W. Chickering, S. C. Ehrmann, "Implementing the Seven Principles: Technology as Lever," *AAHE (Amer. Assoc. of Higher Educ.) Bulletin*, vol. 49, no. 2, pp. 3-6, Oct 1996.
- [56] S. C. Ehrmann, "Seven Principles" Collection of Ideas for Teaching and Learning with Technology, 2008, [Online] Available: [http://www.tltgroup.org/seven/Library\\_TOC.htm](http://www.tltgroup.org/seven/Library_TOC.htm).
- [57] Univ. of Michigan, Center for Research on Learning and Teaching, "Teaching with Technology," [Online] Available: <http://www.crlt.umich.edu/teaching-technology>.
- [58] Carnegie Mellon University, "Teaching with Technology," [Online] Available: <http://www.cmu.edu/teaching/technology/topics/index.html#whitepapers>.
- [59] Macquarie Univ., Learning and Teaching Centre. "Technologies in Learning and Teaching. Guidelines for Good Practice," Sep 2009. [Online] Available: [https://staff.mq.edu.au/teaching/learning\\_technologies/tilt\\_guidelines/](https://staff.mq.edu.au/teaching/learning_technologies/tilt_guidelines/)
- [60] EDUCAUSE Learning Initiative's (ELI's), "7 Things You Should Know About...Learning Technology Topics," [Online] Available: <http://www.educause.edu/research-and-publications/7-things-you-should-know-about/7-things-you-should-know-about-learning-technology-topics>.
- [61] M.J. Hannafin and S.M. Land, "The foundations and assumptions of technology-enhanced student-centered learning environments," *Instructional Sci.*, vol. 25, no. 3, pp. 167-202, 1997.

- [62] J.H. Sandholtz, C. Ringstaff, and D. C. Dwyer, *Teaching with Technology: Creating Student-Centered Classrooms*, New York, NY: Teachers College Press, Teachers College, Columbia Univ., 1996.
- [63] W.E. Jaber, D.M. Moore, "A survey of factors which influence teachers' use of computer-based technology," *Int. J. of Instructional Media*, vol. 26, no. 3, 1999.
- [64] K. Williams, "Beliefs about technology integration support factors held by school leadership and school faculty: A mixed methods study", Ph.D. dissertation, Middle-Secondary Educ. and Instructional Technology Dept., Georgia State Univ., 2006.
- [65] O. Valiente. (2010, Mar). 1-1 in Education: Current Practice, International Comparative Research Evidence and Policy Implications. *OECD Educ. Working Papers* [Online]. 44. Available: <http://dx.doi.org/10.1787/5kmjzwl9vr2-en>
- [66] OLPC - One Laptop per Child. [Online]. Available: <http://olpc.com/>
- [67] Intel, "Classmate PC – Convertible. Part of the Intel® Education Solutions family of products," [Online]. Available: <http://www.intel.com/content/www/us/en/education-solutions/classmatepc-convertible.html>
- [68] A. A. Zucker & D. Light, "Laptop programs for students," *Sci.*, vol. 323, no. 5910, pp. 82–85, 2009.
- [69] Rockman et al., "Powerful tools for schooling: Second year study of the laptop program," San Francisco, CA, 1998.
- [70] C. Lemke and C. Martin, *One-to-one computing in Maine: A state profile*. Culver City, CA: Metiri Group, 2003.
- [71] A.A. Zucker, "Developing a research agenda for ubiquitous computing in schools," *J. of Educational Computing Research*, vol. 30, no. 4, pp. 371–386, 2004.
- [72] W.R. Penuel, "Implementation and effects of one-to-one computing initiatives: A research synthesis", *J. of Research on Technology in Educ.*, vol. 38, pp. 329-348, 2006.
- [73] D. Bebell and L.M. O'Dwyer. (2010, Jan). Educational Outcomes and Research from 1:1 Computing Settings. *J. of Technology, Learning, and Assessment* [Online]. 9(1). Available: <http://ejournals.bc.edu/ojs/index.php/jtla/article/view/1606/1463>.
- [74] J. Soorma, "Teacher Concerns and Attitudes During the Adoption Phase of One-to- One Computing in Early College High Schools," M. S. thesis, North Carolina State Univ., 2008.
- [75] N. Winters, "What is mobile learning?", in "Big issues in mobile learning, 2006, pp. 5-9. Report of a workshop by the Kaleidoscope Network of Excellence Mobile Learning Initiative," Univ. of Nottingham, UK. [Online]. Available: <http://matchsz.inf.elte.hu/tt/docs/Sharples-20062.pdf>.
- [76] M. Ally, "Using learning theories to design instruction for mobile learning devices," Mobile learning anytime everywhere, a book of papers from MLEARN 2004, J. Attewell and C. Savill-Smith, Eds., Learning and Skills Development Agency, 2005.
- [77] A. Herrington and J. Herrington, "Authentic mobile learning in higher education," in *Proc. of the AARE 2007 Int. Educational Research Conf.*, Fremantle, Western Australia.
- [78] M. Sharples, J. Taylor, and G. Vavoula, "Towards a theory of mobile learning," presented at the mLearn 2005 4th World Conf. on mLearning, Cape Town. [Online]. Available: <http://www.mlearn.org.za/CD/papers/Sharples-%20Theory%20of%20Mobile.pdf>.
- [79] D. Churchill and N. Churchill, "Educational affordances of PDAs: A study of a teacher's exploration of this technology," *Computers & Educ.*, vol. 50, no. 4, pp. 1439–1450, May, 2008.
- [80] K. Moss, M. Crowley, "Effective learning in science: The use of personal response systems with a wide range of audiences," *Computers & Educ.*, vol. 56, no. 1, pp. 36-43, Jan. 2011.
- [81] T. Cochrane, R. Bateman, "Smartphones give you wings: Pedagogical affordances of mobile Web 2.0," *Australasian J. of Educational Technology*, vol. 26, no. 1, pp. 1-14, 2010.
- [82] J. C.-Y. Sun, "Influence of polling technologies on student engagement: An analysis of student motivation, academic performance, and brainwave data," *Computers & Educ.*, vol. 72, pp. 80-89, Mar. 2014.

- [83] B. Cooper, P. Brna, "Fostering cartoon-style creativity with sensitive agent support in tomorrow's classroom," *Educational Technology & Soc.*, vol. 4, no. 2, pp. 32-40, 2001.
- [84] T. Sugihara et al., "Examining the Effects of the Simultaneous Display of Students' Responses using a Digital Pen System on Class Activity. A Case Study of an Early Elementary School in Japan", in *Proc. of 10th IEEE Int. Conf. on Advanced Learning Technologies*, Sousse, Tunisia, 2010, pp. 294-296.
- [85] W. Lee, R. de Silva, E. J. Peterson, R. C. Calfee, and T. F. Stahovich, "Newton's Pen - A Pen-based Tutoring System for Statics," *Computers & Graphics*, vol. 32, no. 5, pp. 511-524, Oct. 2008.
- [86] I. Hall, S. Higgins, "Primary school students' perceptions of interactive whiteboards," *J. of Computer Assisted Learning*, vol. 21, no. 2, pp. 102-117, Apr. 2005.
- [87] C. Lewin, B. Somekh, and S. Steadman, "Embedding interactive whiteboards in teaching and learning: The process of change in pedagogic practice," *Educ. and Information Technologies*, vol. 13, no. 4, pp. 291-303, Dec. 2008.
- [88] B. Ferriter, "Why I Hate Interactive Whiteboards," *Teacher Magazine*, 2010. [online]. Available: [http://www.edweek.org/tm/articles/2010/01/27/tln\\_ferriter\\_whiteboards.html?qs=Ferriter](http://www.edweek.org/tm/articles/2010/01/27/tln_ferriter_whiteboards.html?qs=Ferriter)
- [89] SRI International, Singapore Tablet PC Program Study, Executive Summary and Final Report vol.1: Technical Findings, 2005. [Online]. Available: [http://www.sri.com/sites/default/files/publications/imports/TabletPC\\_Report\\_Vol\\_1.pdf](http://www.sri.com/sites/default/files/publications/imports/TabletPC_Report_Vol_1.pdf).
- [90] OECD, "Programme for International Student Assessment. PISA 2012 Results in Focus. What 15-year-olds know and what they can do with what they know, 2013.
- [91] H.V. Leeson, "The mode effect: A literature review of human and technological issues in computerized testing," *Int. J. of Testing*, vol. 6, no.1, pp. 1-24, 2006.
- [92] C. L. Willis and S. L. Miertschin, "Tablet PC's as instructional tools or the pen is mightier than the 'board!," in *5th Conf. on information technology educ.*, Salt Lake City, UT, 2004.
- [93] P. Twining et al., "Tablet PCs in schools. Case study report," BECTA ICT Research (British Educational Communications and Technology Agency), Coventry, England, 2005.
- [94] H. Dundar, M. Akcayir, "Tablet vs. Paper: The Effect on Learners' Reading Performance," *Int. Electronic J. Elementary Educ.*, vol. 4, no. 3, pp. 441-450, 2012.
- [95] P. Siozos, G. Palaigeorgiou, G. Triantafyllakos, and T. Despotakis, "Computer based testing using "digital ink": Participatory design of a Tablet PC based assessment application for secondary education," *Computers & Educ.*, vol. 52, no. 4, pp. 811-819, 2009.
- [96] C. Hubbard, "Tablets in education: 12 key lessons schools can learn from Cary Academy," *TabTimes*, 2011. [Online]. Available: <http://tabtimes.com/feature/education/2011/11/29/tablets-education-12-key-lessons-schools-can-learn-cary-academy>.
- [97] J.A. Blesa, "Los tablet PC en el aula de Ariño," *Quaderns Digitals*, no 32. [Online]. Available: [http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo\\_id=7080](http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo_id=7080)
- [98] Araujo et al. "Estudio de un caso: La integración curricular de las TIC en un centro escolar CRA Ariño-Alloza (Teruel), [Online]. Available: <http://www.slideshare.net/victoraraujogonzalez/tic-estudio-de-un-caso-cra-arioalloza-teruel>.
- [99] F. Ferrer, E. Belvís, and J. Pàmies, "Tablet PC, academic results and educational inequalities," *Computers & Educ.*, vol. 56, no. 1, pp. 280-288, Jan. 2011.
- [100] Bentley College. (2003, Feb. 9). Will Tablet PCs replace laptops on college campuses? *Bentley College news release*, [Online]. Available: <http://www.bentley.edu/newsroom/latest-headlines/will-tablet-pcs-replace-laptops-college-campuses>.
- [101] Microsoft Corporation, "Massachusetts Institute of Technology Changes the Face of Education Using Tablet PCs," 2002.
- [102] ITRC, "Microsoft Tablet PC Rapid Adoption Project at UT Austin," Univ. of Texas at Austin, 2002.

- [103] C. McCarthy. (2006, Jun 30). Tablet-PCs required for Virginia Tech engineers. *CNET News* [Online] Available: [http://www.news.com/Tablet-PCs-required-for-Virginia-Tech-engineers/2100-1041\\_3-6090046.html](http://www.news.com/Tablet-PCs-required-for-Virginia-Tech-engineers/2100-1041_3-6090046.html).
- [104] R. van Oostveen and W. Muirhead, "Faculty Use of Tablet Computers at the University of Ontario Institute of Technology," *Canadian J. of Learning and Technology*, vol. 33, no. 1, 2007.
- [105] W. Mckenzie and K. Franke. Active, Constructive, Interactive: How are Tablet PCs Transforming the Learning Experience in Higher Education?. presented at the 2009 Australasian Tablets in Educ. Conf., [Online]. Available: <http://www.monash.edu/eeducation/assets/documents/atiec/2009atiec-wendymckenzie.pdf>.
- [106] B. Simon, R. Anderson, C. Hoyer, and J. Su, "Preliminary experiences with a tablet PC based system to support active learning in computer science courses," in *Proc. of the 9th annu. SIGCSE Conf. on Innovation and Technology in Computer Sci. Educ. (ITiCSE '04)*, ACM, New York, NY, pp. 213-217.
- [107] K. Koile and D. Singer, "Improving learning in CS1 via tablet-PC-based in-class assessment," in *Proc. of the second Int. workshop on Computing Educ. research (ICER '06)*, ACM, New York, NY, USA, pp. 119-126.
- [108] S. Kamin and W. Fagen, "Tablet PCs in a code review class," in *2013 Workshop on the Impact of Pen & Touch Technology on Educ. (WIPTTE)*, Los Angeles, CA.
- [109] K. Mock, "Teaching with Tablet PC's," in the 6th annu. Consortium for Computing Sci. in *Colleges Northwest Regional Conf.*, Salem, OR, 2004. [Online]. Available: <http://www.math.uaa.alaska.edu/~afkjm/papers/mock-ccsc2004.pdf>
- [110] M. Calder, R.F. Cohen, J. Lanzoni, N. Landry, and J. Skaff, "Teaching data structures to students who are blind," *SIGCSE Bull*, vol. 39, no. 3, pp. 87-90, Jun. 2007.
- [111] H. Mauch, "Tablet PCs: Impacting student learning in Computer theory instruction," in *the impact of tablet PCs and pen-based technology on educ.: evidence and outcomes*, R. H. Reed, D. A. Berque, and J. C. Prey, Eds. West Lafayette, IN: Purdue Univ. Press, 2008, pp. 95-102.
- [112] P. Almeida and R. Azevedo, "Active Learning and Screencasting with Tablet PCs: A Detailed Evaluation," in *the impact of tablet PCs and pen-based technology on educ.: new horizons*, D.A. Berque, L.M. Konkle and R.H. Reed, Eds. West Lafayette, IN: Purdue Univ. Press, 2009, pp. 3-11.
- [113] J.M. Such and A. García-Fornés, "Anonymous Instant Feedback in an Operating System Lecture," in *Proc. of the 1st Int. Conf. on European Transnational Educ. (ICEUTE 2010)*.
- [114] A. Azemi, "Teaching Electric Circuits Using Tablet PC and Centra," in *Proc. of the 2008 ASEE Annu. Conf. and Exposition*, Pittsburgh, PA.
- [115] K.S. Rawat, G.B. Riddick, and L.J. Moore, "Work in progress - integrating mobile Tablet-PC technology and Classroom Management Software in undergraduate electronic engineering technology courses," in *38th Annu. Frontiers Educ. Conf. (FIE 2008)*, Saratoga Springs, NY, pp. S4D-23, S4D-24.
- [116] L.G. Huettel, "Work In Progress: Using Tablet PC to Integrate Lecture and Laboratory in an Introductory Electrical and Computer Engineering Course," in *36th Annu. Frontiers Educ. Conf.*, 2006, pp. 8-9.
- [117] K. S. Rawat, M. Elahi, and G.H. Massiha, "A Pilot Project in Evaluating the Use of Tablet-PCs and Supporting Technologies in Sophomore Electronic Technology Courses," in *Proc. of the 2008 IAJC-IJME Int. Conf. on Eng. & Technology*, Nashville, TN.
- [118] E. Ambikairajah, J. Epps, Ming Sheng, B. Celler, and P. Chen, "Experiences with an electronic whiteboard teaching laboratory and tablet PC based lecture presentations [DSP courses]," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Acoust., Speech, and Signal Process. (ICASSP '05)*, vol. 5, pp. v/565- v/568.
- [119] M. Simoni, "Using Tablet PC and Interactive Software in IC Design Course to Improve Learning," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 54, no. 2, pp. 216-221, May 2011.
- [120] N. Adams and C. Hayes, "Does Teaching with a Tablet PC Enhance the Teaching Experience and Provide Greater Flexibility? What are the Students' Attitudes to Teaching with a Tablet PC?," in *2009 Australasian Tablets in Educ. Conf.*, Monash Univ., Clayton campus.
- [121] C.A. Romney, "Tablet PCs in undergraduate mathematics," in *Proc. 2010 IEEE Frontiers Educ. Conf.*, Arlington, VA, pp.T4C-1,T4C-4.

- [122] Z. Hrepic, "Wireless computers in classrooms. Enhancing interactive physics instruction with Tablet PCs and DyKnow software," *Latin-American J. Physics Educ.*, vol. 5, no. 2, pp. 392-401, 2011.
- [123] E. Price and C. D. Leone, "Archiving Student Solutions with Tablet PCs in a Discussion-based Introductory Physics Class," in *Physics Educ. Research Conf. 2008*, Edmonton, Canada, pp. 175-178.
- [124] R. Pargas, M. Cooper, C. Williams, and S. Bryfczynski, "A Tablet PC Based Interactivity Tool for Organic Chemistry," in *Proc. of the First Int. Workshop on Pen-Based Learning Technologies (PLT '07)*, IEEE Computer Soc., Washington, DC.
- [125] T. L. Derting and J. R. Cox, "Using a Tablet PC To Enhance Student Engagement and Learning in an Introductory Organic Chemistry Course," *J. Chem. Educ.*, vol. 85, no. 12, pp. 1638-1643, Dec. 2008.
- [126] D. C. Tofan, "Using a Tablet PC and OneNote 2007 To Teach Chemistry," *J. Chem. Educ.*, vol. 87, no.1, pp. 47-48, Jan. 2010.
- [127] M. Logan, N. Bailey, K. Franke, and G. Sanson, "Patterns of Tablet PC Use Across Multiple Learning Domains: A Comparison Program," in *the impact of tablet PCs and pen-based technology on educ.: new horizons*, D.A. Berque, L.M. Konkle and R.H. Reed, Eds. West Lafayette, IN: Purdue Univ. Press, 2009, pp. 83-92.
- [128] J. S. Tingerthal, "Using Tablet PCs as a Teaching Tool in the CM Classroom," in *Proc. of the 47th Associated Schools of Construction (ASC) annu. Int. Conf.*, Omaha, NE, 2011.
- [129] D.G. Schulze, R.R. Struthers, P.R. Owens, and G.E van Scoyoc, "Teaching soil-landscape interactions using rugged tablet PCs in the field," in *the impact of tablet PCs and pen-based technology on educ.: beyond the tipping point*, J. C. Prey, R. H. Reed, and D. A. Berque, Eds. West Lafayette, IN: Purdue Univ. Press, 2007, pp. 119-126.
- [130] L. Gazca, A. López-Malo, and E. Palou, "Analysis of the Implementation of the How People Learn Framework Through Direct Classroom Observation in Selected Food Engineering Courses," in *Proc. of the ASEE Annu. Conf.*, Vancouver, BC, Canada, 2011.
- [131] P. Savas, "Tablet PCs as instructional tools in English as a foreign language education," *TOJET: The Turkish Online J. Educational Technology*, vol. 13, no. 1, pp. 217-222, Jan. 2014.
- [132] A. Reinhard, "From Slate to Tablet PC: Using New Technologies to Teach and Learn Latin and Greek," *Classical J. Forum Online*, Mar. 2008. [Online]. Available: <http://www.camws.org/CJ/Reinhard.pdf>
- [133] T. Yamasaki and N. Inami, "Training System for Fair Handwriting of Japanese Characters Based on On-Line Character Recognition," in *Proc. of World Conf. on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2004*, pp. 1692-1698.
- [134] R. Itoh, "Use of Handwriting Input in Writing Instruction for Japanese Language," in *the impact of tablet PCs and pen-based technology on educ.: vignettes, evaluations and future directions*, D. A. Berque, J. Prey, and R. H. Reed, Eds., West Lafayette, IN: Purdue Univ. Press, 2006, pp. 87-93.
- [135] P. Tael and T. Hammond, "Enhancing Instruction of Written East Asian Languages with Sketch Recognition-Based Intelligent Language Workbook Interfaces," in *2013 Workshop on the Impact of Pen & Touch Technology on Educ. (WIPTTE)*, Los Angeles, CA.
- [136] R. W. Guthrie and A. Carlin, "Waking the dead: Using interactive technology to engage passive listeners in the classroom," in *Proc. of the 10th Americas Conf. on Information Systems*, New York, NY, 2004.
- [137] G. Lowerison, J. Sclater, R. F. Schmid, and P. C. Abrami, "Student perceived effectiveness of computer technology use in post-secondary classrooms," *Computers & Educ.*, vol. 47, no. 4, pp. 465-489, Dec. 2006.
- [138] S.G. Bilén et al. , "Tablet PC Use and Impact on Learning in Technology and Engineering Classrooms: A Preliminary Study," in *the impact of tablet PCs and pen-based technology on educ.: evidence and outcomes*, R. H. Reed, D. A. Berque, and J. C. Prey, Eds. West Lafayette, IN: Purdue Univ. Press, 2008, pp. 11-19.
- [139] D. Singer, "Tablet PC in Combination with Various Software Products, Teaching Styles, and Learning Styles," iCampus Report, Aug. 2006.
- [140] K. Koile and D. Singer, "Assessing the impact of a Tablet PC-based classroom interaction system," in *the impact of tablet PCs and pen-based technology on educ.: evidence and outcomes*, R. H. Reed, D. A. Berque, and J. C. Prey, Eds. West Lafayette, IN: Purdue Univ. Press, 2008, pp. 73-80.

- [141] T. Hammond and K. Mock, "Bringing Single-User Settings to Life," in *Tablet PC in K-12 Educ.*, Eugene, OR: Int. Soc. for Technology in Educ. (ISTE), 2008, pp. 87-112.
- [142] C. Norris and E. Soloway, "Pursuing the holy grail: Integrating mobile technologies into the existing curriculum", presented at the 2nd Workshop on the Impact of Pen-based Technology on Education, West Lafayette, June 11–12, 2007.
- [143] E. J. Evans, "Deploying Tablet PC in your school," in *Tablet PC in K-12 Educ.*, M. van Mantgem, Ed. Eugene, OR: Int. Soc. for Technology in Educ. (ISTE), 2008, pp. 137-151.
- [144] J.G. Tront, "Facilitating Pedagogical Practices through a Large-Scale Tablet PC Deployment," *Computer*, vol. 40, no. 9, pp. 62-68, Sept. 2007.
- [145] S. Wolfman, "Teacher's group notes", presented at 2005 Tablet PC in Higher Educ. Workshop, Seattle, WA. [Online]. Available: <http://homes.cs.washington.edu/~anderson/tpc/documents/wolf.html>
- [146] L. Cuban, *Oversold and Underused: Computers in the Classroom*, Harvard Univ. Press, 2001.
- [147] M. Molenda, "In search of the elusive ADDIE model," *Performance Improvement*, vol. 42, no. 5, pp. 34–36, May 2003.
- [148] *ADDIE Model. Learning-Theories.com knowledge base and weblibliography* [Online] Available: <http://www.learning-theories.com/addie-model.html>
- [149] R.M. Gagne, W.W. Wager, K.C. Golas, J.M. Keller, and J.D. Russell, "Principles of instructional design," *Performance Improvement*, vol. 44, no. 2, pp. 44–46, Feb. 2005.
- [150] W. J. Rothwell and H.C. Kazanas, *Mastering the Instructional Design Process: A Systematic Approach*, 4<sup>th</sup> ed. San Francisco, CA: Pfeiffer, 2008.
- [151] P.A. Ertmer and T.J. Newby, "Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features from an Instructional Design Perspective," *Performance Improvement Quarterly*, vol. 6, no. 4, pp. 50–72, Dec. 1993.
- [152] M. D. Merrill, L. Drake, M. J. Lacy, J. Pratt, and ID2\_Research Group, "Reclaiming instructional design," *Educational Technology*, vol. 36, no. 5, pp. 5-7, 1996.
- [153] J.A. Blesa Murillo. (2005, Feb.) Entrevista realizada por María Domingo. *Didáctica, Innovación y Multimedia (DIM)* [Online] 0(0). Available: <http://dim.pangea.org/revistaDIM/revi1/entrevista.htm>
- [154] P. Marqués, "Claves para mejorar los aprendizajes integrando las tecnologías móviles en las clases," en *Actas Jornadas internacionales Tecnología móvil e innovación en el aula: nuevos retos y realidades educativas*, Universidad de la Rioja, Logroño, España, 2013.
- [155] R.M Alcover, M.J. Castro-Bleda, J.A. Ontalba-Ruiperez, E. Sanabria-Codesal, A. Terrasa, and E. Vendrell, "A Supporting Plan for Freshmen at the Faculty of Computer Science of Valencia," in 20<sup>th</sup> EAEEIE Annu. Conf., 2009, Valencia, Spain, pp. 1-6.
- [156] J.A. Conejero, E. Vendrell, A. Terrasa, and E. Sanchis, "La dedicación del alumno en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Valencia," in *Actas del 4º Congreso Internacional "Docencia Universitaria e Innovació"*, Barcelona, Spain, 2006.
- [157] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Secretaría General de Educación y Formación Profesional. Centro de Investigación y Documentación Educativa, "Evaluación del rendimiento en la enseñanza superior. Comparación de resultados entre alumnos procedentes de la L.O.G.S.E. y del C.O.U.," 2001.
- [158] M. M. García and M. J. San Segundo, "El Rendimiento Académico en el Primer Curso Universitario," en *Actas de las X Jornadas de la Asociación de Economía de la Educación*, Murcia, Spain, 2001.
- [159] J. Más, J. M. Valiente, L. Zúnica, R. Alcover, J. V. Benlloch, and P. Blesa, "Estudio de la Influencia sobre el Rendimiento Académico de la Nota de Acceso y Procedencia (COU/FP) en la E.U. de Informática," en *Actas de las VIII Jornadas de Enseñanza universitaria de la Informática (JENUI 2002)*, Cáceres, Spain.
- [160] A. Fornés, J.A. Conejero, A. Molina, A. Pérez, E. Vendrell, A. Terrasa, and E. Sanchis, "Predicting success in the computer science degree using ROC analysis," in *WORLDCOMP'2008, Int. Conf. Frontiers Educ.: Computer Sci. and Computer Eng.*, Las Vegas, NV: CSREA Press.
- [161] F. J. Tejedor Tejedor and A. García-Valcárcel Muñoz-Repiso, "Causas del bajo rendimiento del estudiante universitario (en opinión de los profesores y alumnos).

- Propuestas de mejora en el marco del EEES,” *Revista de Educación*, vol. 342, pp. 443-473, Ene.-Abr. 2007.
- [162] M. de Miguel and J.M. Arias, “La evaluación del rendimiento inmediato en la enseñanza universitaria,” *Revista de Educación*, vol. 320, pp. 353-377, 1999.
- [163] K. Trigwell and S. Shale, “Student learning and the scholarship of university teaching,” *Studies in Higher Educ.*, vol. 29, no. 4, pp. 523–536, 2004.
- [164] R. Boshier and H. Yan, “In the House of Scholarship of Teaching and Learning (SoTL), teaching lives upstairs and learning in the basement,” *Teaching in Higher Educ.*, vol. 13, no. 6, pp. 645-656, 2008.
- [165] J. Sneller, “The Tablet PC classroom: Erasing borders, stimulating activity, enhancing communication,” in *Proc. 37th ASEE/IEEE Frontiers Educ. Conf.*, Milwaukee, WI, 2007, pp. S3J-5,S3J-10.
- [166] J. Cromack, “Technology and learning-centered education: Research-based support for how the tablet PC embodies the Seven Principles of Good Practice in Undergraduate Education,” in *Proc. 38th Frontiers Educ. Conf.*, Saratoga Springs, NY, 2008, pp. T2A-1-T2A-4.
- [167] BOE, “Plan de estudios de Ingeniero técnico en Informática de Sistemas de la Escuela Universitaria de Informática de la Universidad Politécnica de Valencia,” BOE 249 (17 octubre 2001): 38273-38286. [Online]. Available: <http://www.boe.es/boe/dias/2001/10/17/pdfs/A38273-38286.pdf>
- [168] R. L. Kahn, “Transforming the Design of Overheads and Their Impact on Learning,” *J. of Educational Technology Systems*, vol. 36, no. 2, pp. 179 – 187, 2007-2008.
- [169] S. Blanc and J.V. Benlloch Dualde. (2013, Jun). Producción de objetos de aprendizaje en cursos de ingeniería. *VAEP-RITA*. [Online] 1(2), pp. 80-87. Available: [http://rita.det.uvigo.es/VAEPRITA/index.php?content=Num\\_Pub&idiom=Es&visualiza=4&volumen=1&numero=2](http://rita.det.uvigo.es/VAEPRITA/index.php?content=Num_Pub&idiom=Es&visualiza=4&volumen=1&numero=2).
- [170] J. F. Chizmar and A. L. Ostrosky, “The One-Minute Paper: Some Empirical Findings,” *J. Economic Educ.*, vol. 29, no. 1, pp. 3-10, winter, 1998.
- [171] F. Kowalski, S. Kowalski, and E. Hoover, “Using InkSurvey: A Free Web-Based Tool for Open-Ended Questioning to Promote Active Learning and Real-Time Formative Assessment of Tablet PC Equipped Engineering Students,” in *Proc. 2007 ASEE Annu. Conf.*, Honolulu, HI.
- [172] Hewlett Packard, “HP Compaq 2710p Business Notebook PC (RM320UT) - specifications and warranty,” [Online]. Available: <http://h10010.www1.hp.com/wwpc/ca/en/sm/WF06b/12139188-12139280-12139280-12434628-80117014-81782010.html?dnr=1>
- [173] R. Mengod, “Poliformat, the Sakai-based on-line campus for UPV - history of a success,” in *5th Sakai Conf.*, Vancouver, BC, Canada, 2006.
- [174] R. Likert, “A Technique for the Measurement of Attitudes,” *Archives of Psychology*, vol. 140, pp. 1–55, 1932.
- [175] P. Morales, B. Urosa, and A. Blanco, *Construcción de escalas de actitudes tipo Likert*. Editorial Muralla, 2003.
- [176] F. Buendía and P. Díaz, “A Framework for the Management of Digital Educational Contents Conjugating Instructional and Technical Issues,” *Educational Technology & Soc.*, vol. 6, no. 4, pp. 48-59, 2003.
- [177] R.R. Amorim, M. Lama, E. Sánchez, A. Riera, and X.A. Vila, “A Learning Design Ontology based on the IMS Specification,” *Educational Technology & Soc.*, vol. 9, no. 1, pp. 38-57, 2006.
- [178] R. Koper. “Modeling units of study from a pedagogical perspective: the pedagogical meta-model behind EML,” Technical Report, Rob Koper, Educational Technology Expertise Centre, Open Univ. of the Netherlands, 2001.
- [179] D. Buzza, L. Richards, D. Bean, K. Harrigan, and T. Carey, “LearningMapR: A Prototype Tool for Creating IMS-LD Compliant Units of Learning,” *J. of Interactive Media in Educ.*, vol. 17, pp. 1-14, Aug. 2005.
- [180] J.D. Novak, *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1998.

- [181] F. Buendia. (2011). Supporting the Generation of Guidelines for Online Courses. *J. of e-Learning and Knowledge Soc.* [Online]. 7(3), pp. 51-61. Available: [http://www.je-lks.org/ojs/index.php/Je-LKS\\_EN/article/view/551/542](http://www.je-lks.org/ojs/index.php/Je-LKS_EN/article/view/551/542)
- [182] J.D. Novak and A. J. Cañas, "The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them," Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008. [Online]. Available: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>
- [183] L. Masterman, "Activity theory and the design of pedagogic planning tools," in *Handbook of research on learning design and learning objects: Issues, applications and technologies*, L. Lockyer, S. Bennett, S. Agostinho and B. Harper Eds., Hershey, New York: Information Sci. Reference, 2008, pp. 209 – 227.
- [184] G. Conole, "Capturing practice: The role of mediating artefacts in learning design," in *Handbook of research on learning design and learning objects: Issues, applications and technologies*, L. Lockyer, S. Bennett, S. Agostinho and B. Harper Eds., Hershey, New York: Information Sci. Reference, 2008, pp. 187 – 207.
- [185] C. Alexander, S. Ishikawa, and M. Silverstein, *A pattern language: Towns, buildings, construction*. Oxford: Oxford Univ. Press, 1977.
- [186] B. Appleton, *Patterns and Software: Essential Concepts and Terminology*, 2000. [Online]. Available: <http://www.sci.brooklyn.cuny.edu/~sklar/teaching/s08/cis20.2/papers/appleton-patterns-intro.pdf>.
- [187] D.C. Schmidt, M. Stal, H. Rohnert, and F. Buschmann, *Pattern-Oriented Software Architecture, vol. 2: Patterns for Concurrent and Networked Objects*, John Wiley & Sons, 2000.
- [188] S. Montero, P. Díaz, and I. Aedo, "Formalization of Web Design Patterns Using Ontologies," in *Proc. of the 1st Int. Atlantic Web Intelligence Conf.*, LNCS vol. 2663 Springer-Verlag, 2003, pp. 179-188.
- [189] D.K. Van Duyne, J. Landay, and J.I. Hong, *The Design of Sites: Patterns, Principles, and Processes for Crafting a Customer-Centered Web Experience*. Boston, MA: Addison-Wesley Long-man Publishing Co., Inc., 2002.
- [190] The E-LEN Project, 2005. [Online]. Available: <http://www2.tisip.no/E-LEN/>.
- [191] P. Goodyear, "Educational design and networked learning: Patterns, pattern language and design practice," *Australasian J. of Educ. Technology*, vol. 21, no. 1, pp. 82–101, 2005.
- [192] M. Derntl, "The Person-Centered e-Learning Pattern Repository: Design for Reuse and Extensibility," in *Proc. of EDMEDIA - World Conf. on Educational Multimedia, Hypermedia, & Telecommun.*, Lugano, Switzerland, 2004.
- [193] J. Bergin, "Fourteen Pedagogical Patterns", 2002. [Online]. Available: <http://www.csis.pace.edu/~bergin/PedPat1.3.html>.
- [194] Pedagogical Patterns Project, 2005, [Online]. Available: <http://www.pedagogicalpatterns.org>.
- [195] J.M. Rodríguez-Jiménez. (2009, Nov). Patrones pedagógicos en educación virtual. *RED. Revista de Educación a Distancia* [Online]. número monográfico. Available: <http://www.um.es/ead/red/M10>.
- [196] M. Weisburg, "Documenting good education and training practices through design patterns," in *Int. Forum of Educational Technology & Soc.*, 2004. [Online]. Available: [http://ifets.ieee.org/discussions/discuss\\_june2004.html](http://ifets.ieee.org/discussions/discuss_june2004.html)
- [197] Hillside, nonprofit corporation dedicated to improving human communication about computers, sponsored conferences: Plop, KoalaPlop, Mensore Plop, EuroPlop. [Online] Available: <http://hillside.net/>
- [198] F. Brouns, R. Koper, J. Manderveld, J. Van Bruggen, P. Sloep, P. Van Rosmalen, C. Tattersall, and H.Vogten, "A first exploration of an inductive analysis approach for detecting learning design patterns," *J. of Interactive Media in Educ.*, vol. 3, pp. 1-10, Aug. 2005.
- [199] D. Nagel. (2010, Jul. 7). Blackboard To Chalk Up Elluminate, Wimba. *The Journal Transforming Educ. Through Technology*. [Online] Available: <http://thejournal.com/articles/2010/07/07/blackboard-to-chalk-up-illuminate-wimba.aspx>.
- [200] L. G. Lemus Zúñiga, S. Marí Alarcón, M.A. Mateo Pla, and J. V. Benlloch Dualde, "EvalTICs web portal," in *Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE)*, 2012, pp. 308-313.

- [201] E.B. Mandinach, "The development of effective evaluation methods for e-learning: A concept paper and action plan," *Teacher College Record*, vol. 107, no. 8, pp. 1814-1835, 2005.
- [202] G. Benet, "Polarización del transistor bipolar (BJT). Conceptos básicos: Punto de Trabajo y Recta de Carga Estática," 2008. [Online]. Available: <http://politubedes.upv.es/play.php?vid=5836>.
- [203] J.V. Benlloch-Dualde, "Puesto de trabajo del laboratorio de ATC (1ª parte)," 2008. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10251/1234>.
- [204] P. Pérez, "ATC. Applets de Java," 2009. [Online]. Available: <http://www.disca.upv.es/pperez/OBJAPR/xTCx/indice.html>.
- [205] F. Daly, D.J. Hand, M.C. Jones, A.D. Lunn and K.J. McConway, *Elements of Statistics*, Addison Wesley /The Open Univ., 1995.
- [206] D. Williamson. (2010, Jan.). *Box and Whisker Charts* [Online]. Available: [http://www.duncanwil.co.uk/pdfs/boxplot\\_07.pdf](http://www.duncanwil.co.uk/pdfs/boxplot_07.pdf).
- [207] Student, "The Probable Error of a Mean," *Biometrika*, 6, pp. 1–25, 1908.
- [208] P. Morales Vallejo, *Estadística aplicada a las Ciencias Sociales*, Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2007.
- [209] H.B. Mann and D.R. Whitney, "On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other," *Annals of Mathematical Statistics*, vol. 18, no 1, pp. 50–60, 1947.
- [210] H. Levene, *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*, I. Olkin et al. Eds., Stanford Univ. Press, 1960, pp. 278–292.
- [211] L. Mahadevan, "The Effect Size Statistic: Overview of Various Choices," in *the annual meeting of the Southwest Educational Research Assoc.*, Dallas, TX, 2000.
- [212] P. Morales Vallejo, *El tamaño del efecto (effect size): análisis complementarios al contraste de medias*, 2007. [Online]. Available: <http://web.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Tama%flodelEfecto.pdf>.
- [213] J. Cohen, *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2nd ed. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1988.
- [214] IBM, "SPSS Statistics Base. Herramientas básicas para el análisis estadístico," [Online]. Available: <http://www-03.ibm.com/software/products/es/spss-stats-base>.
- [215] Microsoft, "Información general del producto Office Excel 2007," [Online]. Available: <http://office.microsoft.com/es-es/excel-help/informacion-general-del-producto-office-excel-2007-HA010165632.aspx>.
- [216] D. Kemper, "To Control or Not to Control: The question of whether experimental designs are appropriate for evaluating teaching innovations in higher education," *Assessment & Evaluation in Higher Educ.*, vol. 28, no. 1, pp. 89-101, 2003.
- [217] E.M. Rogers, *Diffusion of Innovations*, 4th ed. New York: Free Press, 1995.



# Anexos

## Anexo 1. Talleres. Pre-Cuestionario profesores

Asignatura:

Titulación:

### *Contenidos (C)*

Q0 C. ¿Se presentan regularmente contenidos durante las sesiones de aula?

Q1 C. ¿Se utilizan presentaciones electrónicas (tipo PPT o similares)?

Q2 C. ¿Se utilizan elementos gráficos: diagramas, figuras, imágenes?

Q3 C. ¿Se utilizan documentos de texto, páginas Web o similares?

Q4 C. ¿Se usan símbolos o caracteres especiales?

### *Actividades (A)*

Q0 A. ¿Se plantean actividades durante las sesiones de aula?

Q1 A. ¿Incorporan ejercicios que utilizan elementos gráficos (diagramas, figuras, imágenes)?

Q2 A. ¿Incorporan ejercicios de respuesta abierta (texto, gráficos, ficheros...)?

Q3 A. ¿Incorporan cuestiones con respuesta cerrada (V/F, tipo test, escala tipo Likert)?

Q4 A. ¿Requieren el uso de simuladores u otros programas informáticos?

### *Interacción (I)*

Q0 I. ¿Se requiere algún tipo de interacción durante las sesiones de aula?

Q1 I. ¿Pueden los alumnos plantear preguntas de forma anónima?

Q2 I. ¿Se usan cuestionarios con preguntas de tipo V/F o de respuesta múltiple (a modo de sondeos)?

Q3 I. ¿Pueden los alumnos realizar presentaciones?

Q4 I. ¿Se comparten contenidos entre profesor / alumnos o entre alumnos por medios informáticos?

*Evaluación (E)*

Q0 E. ¿Se requiere algún tipo de evaluación durante las sesiones de aula?

Q1 E. ¿Se evalúa de forma individual?

Q2 E. ¿Se realiza una evaluación por grupos de alumnos?

Q3 E. ¿Se evalúa la actividad diaria del alumno?

Q4 E. ¿Se informa a los alumnos sobre los resultados de esta evaluación?

---

## Anexo 2. Talleres. Post-Cuestionario profesores.

Asignatura:

Titulación:

1. ¿Considera que la tinta digital podría mejorar sus presentaciones electrónicas?

a) Sí; b) No: c) NS/NC

2. ¿Considera que la tinta digital le facilitaría la explicación de ideas / conceptos de forma gráfica?

a) Sí; b) No: c) NS/NC

3. ¿Considera que la tinta digital le facilitaría la realización de actividades que incluyan diagramas o esquemas?

a) Sí; b) No: c) NS/NC

4. ¿Considera que la tinta digital le facilitaría la realización de actividades de respuesta abierta?

a) Sí; b) No: c) NS/NC

5. ¿Le resulta útil la compartición de recursos que proporcionan herramientas de presentación y colaboración como *Classroom Presenter (CP)*?

a) Sí; b) No: c) NS/NC

6. ¿Cree que herramientas de presentación y colaboración, como *CP*, le facilitaría la realización de sondeos a modo de *clickers*?

a) Sí; b) No: c) NS/NC

7. ¿Cree que la tinta digital y herramientas de presentación y colaboración, como *CP*, le facilitarían la evaluación de la actividad de los alumnos en el aula?

a) Sí; b) No: c) NS/NC

8. ¿Piensa que la tinta digital y herramientas de presentación y colaboración, como *CP*, le permitirían mejorar la realimentación proporcionada al alumno?

a) Sí; b) No: c) NS/NC

---

### **Anexo 3. Talleres. Cuestionario ICE de valoración**

1. El tema sobre el que versa el taller me parece interesante.
2. Los objetivos del taller han quedado cubiertos.
3. La selección de los contenidos abordados ha sido adecuada.
4. Se ha entregado material útil a los participantes.
5. La metodología seguida en las sesiones ha resultado pertinente.
6. El taller considerado globalmente ha cubierto mis expectativas.
7. Los aspectos tratados tienen aplicabilidad en mi trabajo.
8. De acuerdo con la formación recibida, recomendaría este taller a otros profesores.
9. Me gustaría profundizar en los contenidos explorados en el taller, haciendo una segunda parte del curso.

Respuestas:

a) Muy en desacuerdo; b) En desacuerdo; c) Indeciso; d) De acuerdo; e) Muy de acuerdo; f) NS/NC

#### **Anexo 4. Experiencias en aula. Cuestionario de valoración de estudiantes (I)**

**INSTRUCCIONES:** Este es un cuestionario sobre tu participación en una experiencia docente con tabletas PC. Por favor, responde a todas las preguntas de manera sincera. Tus respuestas serán completamente anónimas y confidenciales. Te pedimos que contestes solamente reflexionando en tu experiencia de aprendizaje durante el curso.

#### **Gracias por tu colaboración**

#### **Datos Generales:**

##### **1. Sexo:**

- a) Femenino      b) Masculino

##### **2. Edad:**

- a) <= 19 años      b) 20-21 años      c) 22-23 años      d) >= 24 años

##### **3. Modalidad de acceso a la Universidad:**

- a) **Bachillerato.** Ramas de conocimiento de las materias modalidad cursadas (Ingeniería y Arquitectura, Ciencias, Ciencias de la Salud, Artes y Humanidades, Ciencias Sociales y Jurídicas)
- 
- b) **Ciclos Formativos** (Formación Profesional):
- 
- c) Procedente de estudios en sistemas educativos **extranjeros**
- d) **Titulados** universitarios
- e) Mayores de **25 años**
- f) Acreditación **experiencia laboral o profesional**
- g) Mayores de **45 años**

##### **4. Trabajo a lo largo del semestre en el que cursas la asignatura:**

- a) No he realizado ningún trabajo adicional a mis estudios
- b) Trabajo a tiempo parcial (15 horas o menos a la semana). Indique horas por semana
- 
- c) Trabajo entre 16 y 34 horas a la semana
- d) Trabajo a tiempo completo (>= 35 horas)

##### **5. ¿Estabas estudiando el curso pasado?      Tipo de centro:**

- a) Sí      b) No      Público      Concertado      Privado

##### **6. ¿Has cursado la asignatura XXX en cursos anteriores?**

- a) Sí      b) No

##### **7. ¿Vives con tu padre y/o madre?**

- a) Sí      b) No

##### **8. ¿Consideras que el uso de la tableta PC en este curso mejoró tu experiencia de aprendizaje?**

- a) Sí      b) No      c) Indet.

**9. ¿Crees que el uso de la tableta PC ha mejorado tu motivación por la asignatura?**

a) Sí

b) No

c) Indet.

**10. ¿En qué medida crees que el utilizar una tableta PC en clase te pudo ayudar a aprender más y mejor? (Evalúa del 1 al 10 de acuerdo con el grado de importancia que consideres)**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**11. ¿Crees que has trabajado más en clase gracias a la tableta PC?**

a) Sí

b) No

c) Indet.

**12. ¿Te gustaría utilizar las tabletas PC en algún otro curso?**

a) Sí

b) No

c) Indet.

**13. ¿Recomendarías este tipo de cursos a un colega? (donde se utilice una tableta PC)**

a) Sí

b) No

c) Indet.

**14. Valora globalmente la experiencia en una escala de 1 a 10:**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**15. Describe brevemente cuál fue tu experiencia al haber utilizado la tableta PC en este curso.**

---



---



---



---

**16. ¿Qué aspectos positivos destacarías en la experiencia con tabletas PC?**

---



---



---



---

**17. ¿Qué aspectos negativos señalarías en la experiencia con tabletas PC?**

---



---



---



---

---

**18. ¿De qué manera te gustaría que se emplearan las tabletas PC en la clase?**

---

---

---

---

**19. Señala tus sugerencias de mejora u otros comentarios acerca de la experiencia con tabletas PC.**

---

---

---

---

---

## Anexo 5. Experiencias en aula. Cuestionario de valoración de estudiantes (II)

### *Información personal:*

#### **I1. Sexo:**

- a) Femenino      b) Masculino

#### **I2. Edad:**

- a) <= 19 años      b) 20-21 años      c) 22-23 años      d) >= 24 años

#### **I3. Modalidad de acceso a la Universidad:**

- a) **Bachillerato.** Ramas de conocimiento de las materias modalidad cursadas (Ingeniería y Arquitectura, Ciencias, Ciencias de la Salud, Artes y Humanidades, Ciencias Sociales y Jurídicas)
- 
- b) **Ciclos Formativos** (Formación Profesional):
- 
- c) Procedente de estudios en sistemas educativos **extranjeros**
- d) **Titulados** universitarios
- e) Mayores de **25 años**
- f) Acreditación **experiencia laboral o profesional**
- g) Mayores de **45 años**

#### **I4. Trabajo a lo largo del semestre en el que cursas la asignatura:**

- a) No he realizado ningún trabajo adicional a mis estudios
- b) Trabajo a tiempo parcial (15 horas o menos a la semana). Indique horas por semana
- 
- c) Trabajo entre 16 y 34 horas a la semana
- d) Trabajo a tiempo completo (>= 35 horas)

#### **I5. ¿Estabas estudiando el curso pasado?**

- a) Sí      b) No

#### **Tipo de centro:**

- Público      Concertado      Privado

### *Herramientas Tinta Digital. Usabilidad*

UQ1. Considero que las herramientas son fáciles de usar.

UQ2. Pienso que he aprendido a usar las herramientas rápidamente.

UQ3. Considero que las herramientas han funcionado correctamente.

UQ4. Pienso que la interfaz de usuario de las herramientas era atractiva.

### *Herramientas Tinta Digital. Eficacia. Satisfacción. Productividad*

EQ1. Las herramientas han sido útiles para lograr mis metas de aprendizaje.

EQ2. Las herramientas han sido útiles para completar las tareas de aprendizaje.

SQ. Me considero satisfecho con estas herramientas.

PQ. Las herramientas me han ayudado a completar las actividades de aprendizaje en menos tiempo.

### *Metodología y Aprendizaje*

MQ1. Pienso que el enfoque empleado ha mejorado mi motivación por la asignatura.

---

MQ2. Considero que el enfoque empleado me ha ayudado a implicarme y trabajar más en el aula.

MQ3. Pienso que el enfoque empleado me ha facilitado la interacción con el profesor y los otros estudiantes.

MQ4. Considero que el enfoque empleado ha facilitado el trabajo colaborativo.

MQ5. Pienso que el enfoque empleado ha mejorado mi experiencia de aprendizaje.

MQ6. Considero que el enfoque empleado me ha ayudado a aprender más y mejor.

MQ7. Pienso que la introducción de las tecnologías ha contribuido a mi distracción.

### ***Expectativas y satisfacción general***

SQ1. Mis expectativas al principio del curso eran muy altas.

SQ2. El curso ha cubierto mis expectativas.

SQ3. Utilizaría este enfoque en otros cursos.

SQ4. Recomendaría este enfoque a mis compañeros.

SQ5. Globalmente, me siento satisfecho con el enfoque del curso.

Respuestas:

- a) Totalmente en desacuerdo; b) En desacuerdo; c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo; d) De acuerdo;
- e) Totalmente de acuerdo.