



**Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Madrid**

<https://repositorio.uam.es>

Esta es la **versión de autor** de la comunicación de congreso publicada en:  
This is an **author produced version** of a paper published in:

Quinta Jornada sobre aprendizaje cooperativo. Universidad de Deusto y  
Universitat Politècnica de Catalunya, 2005.

**Copyright:** © 2005 ICE y UPC

El acceso a la versión del editor puede requerir la suscripción del recurso  
Access to the published version may require subscription

Este artículo está publicado en "Quinta Jornada sobre Aprendizaje Cooperativo" del grupo GIAC celebrada en la Universidad de Deusto, Bilbao, el 27 de junio de 2005. Univ. de Deusto, UD y Univ. Politècnica de Catalunya, UPC. ISBN: 84-689-2640-X

## PROCESO DE APRENDIZAJE COOPERATIVO EN LA ASIGNATURA DE "ESTRUCTURA DE DATOS Y ALGORITMOS" IMPARTIDA EN LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

*Silvia T. Acuña*

*Universidad Autónoma de Madrid*

[silvia.acunna@uam.es](mailto:silvia.acunna@uam.es)

*Gabriela López-Aymes*

*Universidad Complutense de Madrid*

[gabi\\_lopez@edu.ucm.es](mailto:gabi_lopez@edu.ucm.es)

### Resumen

En este artículo se abordará la experiencia sobre el proceso de aprendizaje cooperativo desarrollado en la asignatura troncal Estructura de Datos y Algoritmos (EDA) en el último cuatrimestre de febrero a mayo de 2005 en Ingeniería de Telecomunicación de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Esta experiencia está inserta dentro de un Proyecto Piloto del European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS) de la UAM. Este sistema está centrado en el estudiante y requiere su participación activa en todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. En el presente artículo se describirá el diseño del programa de la asignatura, las técnicas de aprendizaje cooperativo implementadas, la evaluación continua aplicada a los alumnos, así como los resultados del Cuestionario de Incidencias Críticas de EDA que reflejan el grado de satisfacción de los alumnos con la asignatura. Adicionalmente, se planteará el diseño de un cross-experimento que se está desarrollando en EDA para dar recomendaciones sobre cómo formar equipos de prácticas más eficaces y eficientes para el desarrollo de sistemas de software de mediana complejidad. Finalmente, se analizarán los resultados preliminares del cross-experimento y se aportarán conclusiones de la experiencia de este curso, dentro de los acuerdos alcanzados para la constitución de un espacio europeo de educación superior a partir de la Declaración de Bolonia.

**Palabras clave:** aprendizaje cooperativo, capacidades interpersonales, formación de equipos, cross-experimento, estructura de datos y algoritmos, ingeniería de telecomunicación.

### 1. Introducción

En su tercer año de implantación, el programa de la titulación Ingeniería de Telecomunicación con una duración mínima de cuatro años del Departamento de Ingeniería Informática (DII) de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) tiene como objetivo proporcionar una formación sólida en los aspectos básicos y aplicados de las tecnologías de Telecomunicación. Esta titulación está basada en la propuesta de Master de Ingeniería de Telecomunicación que a su vez está basada en la Declaración de Sorbona de 1998, donde se enfatiza el papel central que tienen las universidades para el desarrollo de las dimensiones culturales europeas, y en la Declaración de Bolonia de 1999, donde los ministros europeos, a cargo de la educación superior de 32 países, firmaron una declaración conjunta aceptando el desafío de construir el Espacio Europeo de Educación Superior.

Entre sus asignaturas troncales, la asignatura Estructura de Datos y Algoritmos (<http://www.ii.uam.es/~sacuna/eda/>) con énfasis en la programación se ubica en el primer ciclo, segundo año, segundo semestre con un total de 6 créditos tradicionales y 4,8 créditos ECTS. EDA está orientada principalmente tanto al estudio, análisis y manejo de tipos abstractos de datos y su implementación mediante distintas estructuras de datos como al análisis de algoritmos. Entre otros aspectos, se profundiza principalmente el uso de: a) estructuras de datos avanzadas; b) herramientas de análisis y selección de algoritmos; c) métodos de ordenación y búsqueda avanzados; y d) técnicas de diseño y programación utilizando el lenguaje C.

La asignatura EDA se impartió por primera vez durante el curso 2003-2004, en el casi recién

estrenado programa de Ingeniería de Telecomunicación del DII de la UAM. En su segunda versión 2004-2005 esta asignatura fue la primera que se empezó a impartir mediante una modalidad de aprendizaje cooperativo en la titulación de Ingeniería de Telecomunicación, dentro de un proyecto piloto de EDA para la implementación de créditos ECTS aprobado por la UAM en relación con las directrices del Espacio Europeo de Educación Superior. Este proyecto proporcionó a EDA la ayuda económica de dos becarios que colaboraron en las actividades programadas para la nueva modalidad de aprendizaje en Ingeniería de Telecomunicación.

Debido a que los profesionales en telecomunicación se desempeñarán en una sociedad informatizada caracterizada por la continua introducción de nuevas tecnologías y por la rápida obsolescencia de las vigentes, se pretende que esta asignatura contribuya al desarrollo de una formación sólida, general y flexible. Se revaloriza una capacitación general abstracta, abarcativa y de adaptación al cambio. La idea central en la que se basa la programación de contenidos apunta más allá de los aspectos tecnológicos de valor contingente; se intentan destacar los métodos del pensamiento de alcance general y la abstracción como instrumento intelectual. Los temas brindan los fundamentos sobre los tipos abstractos de datos y algoritmos y las prácticas están destinadas a la implementación de éstos mediante estructuras de datos adecuadas para cada problema. En concreto, las sesiones teórico-prácticas brindan métodos, técnicas y herramientas que intervienen en el proceso de resolución de problemas y se desarrollan sistemas de software utilizando el lenguaje de programación procedimental C. Además, interesa que la formación de los profesionales de telecomunicación no sea sólo de contenidos factuales y procedimentales, sino que incluya experiencias de aprendizaje que fomenten el gusto por aprender (motivación), y además, se favorezca la interacción grupal para el intercambio de ideas, la producción de artefactos y la solución de problemas grupales.

Con base a estas consideraciones, la asignatura EDA se ha estructurado para el curso escolar 2004/2005 integrando una modalidad de aprendizaje tradicional y una modalidad de aprendizaje cooperativo. Este artículo pretende dar una visión de la asignatura EDA a partir de la experiencia llevada a cabo durante este último cuatrimestre. Para ello se describirán, en los sucesivos apartados, el proyecto piloto ECTS basado en las capacidades que se pretende mejorar en EDA, los objetivos, estructura y evaluación de la asignatura así como las técnicas participativas y cooperativas empleadas. Posteriormente se llevará a cabo el análisis de la evaluación realizada por los estudiantes sobre la percepción de la modalidad participativa y cooperativa implementada en esta asignatura. Por último, se describirá el cross-experimento que se está desarrollando a fin de brindar recomendaciones para formar equipos de prácticas más eficaces y eficientes en el desarrollo de sistemas de software.

## 2. Proyecto Piloto ECTS de la Asignatura Estructura de Datos y Algoritmos

La asignatura Estructura de Datos y Algoritmos (EDA)

([http://www.ii.uam.es/teleco/esp/c2t\\_edi.php](http://www.ii.uam.es/teleco/esp/c2t_edi.php)) ha llevado a cabo una experiencia piloto en el European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS), que es un sistema centrado en el estudiante. Es decir, involucra al estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje con una participación activa.

Cuando hablamos de una participación activa hacemos referencia a lo que el estudio de la *cognición social o ambiental* sustenta como unidad de análisis: la *actividad* (Leontiev, 1981). La actividad se entiende como el proceso a través del cual se establece la relación entre el sujeto y el mundo que lo rodea, tanto en sus aspectos naturales como sociales. Los autores que trabajan en esta línea, como Leontiev, establecen una relación entre el uso de una habilidad cognitiva y el significado que una tarea tenga para el sujeto y cómo éste estructure su actividad con base a metas específicas, implicando para ello aspectos afectivos y motivacionales.

Además, una participación activa también hace referencia a la habilidad y predisposición para implicarnos en actividades conjuntas mediadas por herramientas, lo cual es la característica que distingue a los seres humanos (Wells, 2004). Esta característica enfatiza la naturaleza social y cooperativa de la actividad humana que ha permitido inventar artefactos de diferentes clases para adaptarse y explorar el medio ambiente y, al mismo tiempo, crear conocimientos en el discurso entre personas que están trabajando juntas en una situación específica para crear o mejorar un artefacto o resolver un problema importante para el grupo (Vygotsky, 1978).

La función de la interacción social en el desarrollo cognitivo es un hecho ampliamente estudiado por la psicología cognitiva (Bruning et al., 1999; Rogoff, 1990), y la investigación reciente ha demostrado

que las actividades sociocognitivas aplicadas al contexto educativo como el aprendizaje cooperativo, la interacción entre iguales y el desarrollo cognitivo, la interacción entre iguales y la solución de problemas, el análisis del discurso en el aula, las secuencias de interacciones que emplean los profesores expertos para guiar la construcción del conocimiento en sus alumnos, estimulan a los alumnos a aclarar, elaborar, reorganizar y reconceptualizar la información (Brunning et al., 1999).

Se ha observado que en los contextos donde los aprendices adquieren un rol de colaboración e intercambio, se favorece la construcción de conocimientos, la implicación en la tarea, el respeto por las percepciones distintas y el valor de la argumentación. Por lo tanto, siguiendo a Das y Abbott (1995), se sabe que a través de la imitación, la instrucción y la colaboración con los demás, los alumnos aprenden modos de expresión y de reflexión que internalizan y conducen a niveles superiores de actividad cognitiva. Asimismo, como señala Wells (2004, p. 171), "potencialmente, toda ocasión de actividad conjunta proporciona una oportunidad para el desarrollo de todos los participantes."

Situándonos en el proyecto que aquí desarrollamos y conforme al sentido de la nueva configuración de los procesos de aprendizaje universitarios según el Espacio Europeo de Educación Superior, el alumno pasa a adquirir un protagonismo destacado como constructor de su propio aprendizaje en un contexto de mayor autonomía y responsabilidad frente a su propia tarea de aprendiz. Al mismo tiempo se destacan como competencias centrales la de carácter interpersonal, especialmente las relativas al trabajo grupal y a las de una eficaz y eficiente comunicación interpersonal en pos de realizar trabajos informáticos interdisciplinarios o de resolver problemas o situaciones prácticas. Todo ello lleva implícito, entre otras consideraciones:

- Un mayor contacto con las fuentes primarias y secundarias de información, y por consiguiente, un uso mayor de éstas, bien directamente bien a través de los servicios de bibliotecas.
- Más dedicación al trabajo grupal, en pequeños grupos, lo que demanda espacios adecuados y un seguimiento cercano de las dinámicas interactivas, especialmente si se trata de grupos numerosos.
- Más tiempo de tutoría y seguimiento personalizado por parte del profesor hacia todos sus alumnos.

Este proyecto piloto se ha conformado en torno a capacidades o competencias conductuales seleccionadas y adaptadas para EDA. Se pretende que los alumnos y alumnas que cursen con aprovechamiento los estudios de esta asignatura, afiancen competencias clasificadas en dos categorías:

- *Capacidades intrapersonales.* Se trata de habilidades o competencias conductuales de tipo elemental, general, instrumental y básicas en el estudiante, referidas al análisis y síntesis de contenidos conceptuales/teóricos con vistas a su "asimilación" o aprendizaje. La capacidad de "resolver problemas" relativos al ámbito de la disciplina en cuestión, así como la de "aplicar los conocimientos estudiados en la práctica." También competen a este dominio las capacidades de "gestión de la información" (búsqueda, selección y organización de la información), así como la capacidad para "organizarse y planificar, de forma autónoma el propio trabajo". Estas capacidades resultan preparatorias de un desempeño eficaz y eficiente para el posterior desarrollo profesional.
- *Capacidades interpersonales.* Se trata de habilidades o competencias conductuales que resultan relacionadas con el éxito en las tareas que suponen contacto con otras personas para el correcto desempeño de las actividades del proceso. Son capacidades referidas a las habilidades y actitudes para "trabajar en equipo" así como las que permiten "adaptarse a nuevas situaciones" y "comunicar a los demás lo aprendido".

Se integran estas clases de capacidades en una categoría denominada *Capacidades sistémicas*. Se trata de habilidades o competencias conductuales que resultan imprescindibles para comprender que estas capacidades son interdependientes unas de otras y que, habitualmente se trabajan varias de ellas simultáneamente. Además, orientan a un logro por objetivos, y contextualizan, es decir analizan el entorno de las situaciones problemáticas para su resolución.

En la Tabla 1 se describen las capacidades asociadas a cada categoría.

CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN
<b>Habilidades Intrapersonales</b>	
Análisis	Identificar problemas de software, reconocer información significativa; buscar y coordinar datos relevantes; diagnosticar posibles causas.
Decisión	Toma de decisiones activa, seleccionando una alternativa entre varias alternativas de solución a un problema. Comprometerse con opiniones concretas y acciones consecuentes con éstas, aceptando la responsabilidad que implican.
Independencia	Actuar sobre la base de las propias convicciones más que intentar satisfacer las expectativas de los demás. Mantener la misma opinión mientras se puede.
Innovación/ creatividad	Descubrir nuevas soluciones a problemas que busquen métodos y con alternativas a sus soluciones, métodos y formas clásicas de resolución.
Juicio	Considerar factores y posibles desarrollos de la acción a la luz de los criterios relevantes y llegar a juicios realistas.
Tenacidad	Mantener el punto de vista o plan de acción hasta conseguir el objetivo perseguido o hasta que no resulte razonable insistir en él. Mantener la misma conducta mientras se puede.
Auto-organización	Organizar eficazmente la propia agenda de actividades, estableciendo las prioridades necesarias y utilizando el tiempo personal de la forma más eficiente posible.
Comunicación escrita	Expresar ideas y opiniones de forma clara y correcta a través del lenguaje escrito.
Comunicación oral	Canalizar clara y comprensiblemente ideas y opiniones hacia los demás a través del discurso hablado.
<b>Habilidades Interpersonales</b>	
Empatía	Mostrar sensibilidad hacia las necesidades o demandas que un conjunto de clientes potenciales (el cliente en abstracto) puede requerir en el presente o en el futuro, y ser capaz de darles satisfacción desde cualquier ámbito de desempeño. Por ejemplo, hacia estudiantes del propio grupo, empatía a otros grupos, al usuario o cliente que vive el problema, etc.
Sociabilidad	Interactuar sin esfuerzo con otras personas. Tener facilidad para hacer contactos y desarrollar actividades sociales.
Trabajo en equipo/ cooperación	Participar activamente en la consecución de una meta común, incluso cuando la colaboración conduce a una meta que no está directamente relacionada con el interés propio.

Tabla 1. Capacidades por categorías

A la vista de estas consideraciones, la puesta en marcha de este proyecto con carácter experimental contó con una dotación económica para compensar la colaboración de dos “ayudantes de clase” (estudiantes de tercer año de Ingeniería de Telecomunicación), con los que sobre todo, se apoyó las dinámicas de interacción durante los trabajos grupales.

### 3. Programa de la Asignatura Estructura de Datos y Algoritmos

Este apartado tiene como propósito mostrar una visión global de la asignatura, especificando los objetivos generales, los requisitos previos, la estructura de EDA y la evaluación integral de la asignatura.

#### 3.1. Objetivos

Los objetivos generales de la asignatura EDA son que los estudiantes logren conocer y usar eficientemente las distintas estructuras de datos para desarrollar algoritmos más sencillos y óptimos y que antes distintas situaciones problemáticas decidan con criterio apropiado las estructuras de datos más convenientes y apliquen las técnicas de programación más adecuadas. Además, se pretende que los estudiantes adquieran capacidades para resolver problemas que requieren el uso de técnicas avanzadas de programación. Una vez superada la asignatura el estudiante será capaz de seleccionar las estructuras de datos adecuadas para representar y manipular la información. Para ello, adquirirá conceptos básicos sobre tipos abstractos de datos, estructuras de datos (pilas, colas, listas, árboles binarios, grafos) y sus aplicaciones. También será capaz de analizar e implementar un amplio abanico de algoritmos para realizar tareas básicas de ordenación y búsqueda. Para ello se hará énfasis en las siguientes destrezas: trabajo avanzado con punteros, manejo dinámico de memoria, identificación y recuperación de errores, organización de código y desarrollo de software utilizando técnicas de estructuración mediante el lenguaje de programación C. Por último, durante el desarrollo de la asignatura se espera que los estudiantes: a) muestren interés e iniciativa para buscar, organizar y analizar críticamente información relevante como medio para el conocimiento y la toma de decisiones para lograr los objetivos especificados durante la implementación de los talleres grupales; y b) participen activamente en los análisis y discusiones grupales que se establezcan al hilo del desarrollo del programa, cooperación con otros compañeros en el desarrollo de trabajos conjuntos y

comunicación con propiedad y corrección de sus propias ideas y reflexiones así como los resultados de sus trabajos a los demás.

### 3.2. Requisitos Previos

Las exigencias de la asignatura para su correcta apropiación tienen que ver con los hábitos y destrezas del trabajo - tanto intelectual como técnico -, el aprendizaje y el desarrollo de la disciplina personal de estudio. Es requisito para la buena adquisición de los contenidos la lectura comprensiva de textos, la utilización de técnicas de fichaje bibliográfica y hemerográfica, la redacción de memorias y la realización de portafolios. También el trabajo grupal y la concreción de actividades de taller son modalidades de trabajo intelectual deseables. Los conocimientos y habilidades previas que permiten encarar el aprendizaje de la asignatura es el enfoque algorítmico y lenguaje C, adquiridos en Fundamentos de la Programación (primer año, primer semestre) y los usuales vinculados a la matemática y la lógica, a la lengua española (en particular la escritura) y a la lengua inglesa (en particular la lectura).

### 3.3. Estructura de Contenidos

La visión de esta asignatura es ingenieril basada en la implementación, el diseño y el análisis de sistemas de software. En concreto la asignatura se ha estructurado en tres Espacios de aprendizaje del campo de la programación: el *Espacio Orientado a la Implementación*, el *Espacio Orientado al Diseño* y el *Espacio Orientado al Análisis*. Para cada uno de estos Espacios se han definido sus objetivos específicos, las capacidades a desarrollar y, o, mejorar y los temas involucrados en el proceso de aprendizaje. Esta estructura de la asignatura se muestra en la Figura 1.

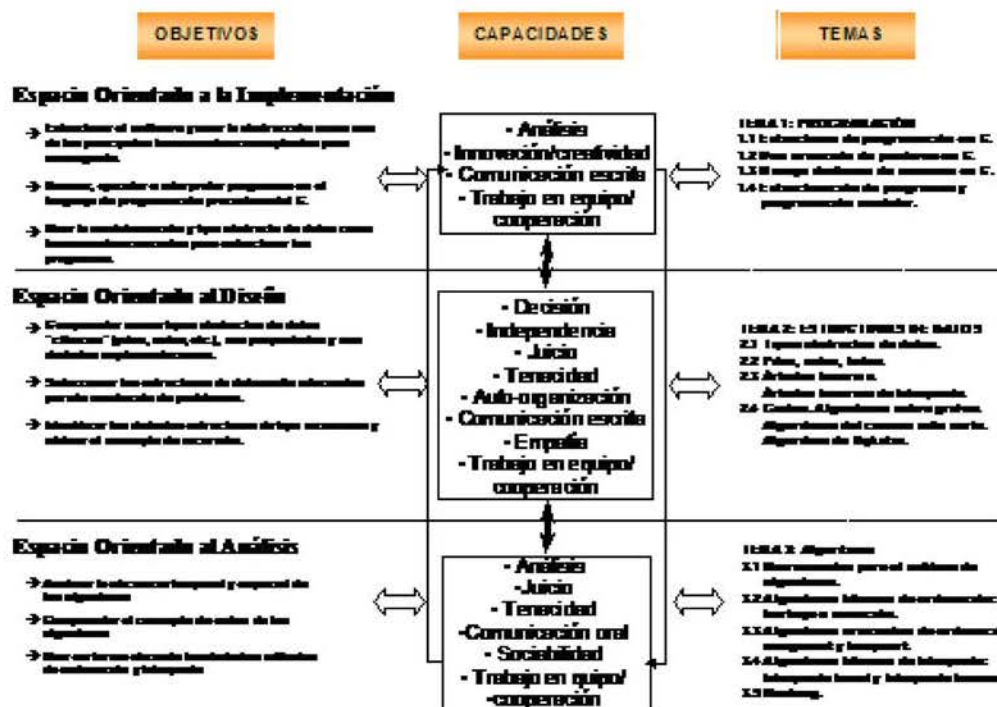


Figura 1. Estructura de la Asignatura Estructura de Datos y Algoritmos

El Espacio Orientado a la Implementación tiene como objetivo profundizar en la organización y desarrollo de programas de calidad y en la programación mediante el lenguaje C. Al enfrentarse a un proyecto de programación medianamente grande se hacen necesarias técnicas (ocultamiento o encapsulamiento, por ejemplo) que nos permitan dar al producto una adecuada estructura. Se requiere *adquirir, generar y ampliar conocimientos* sobre los que se apoyan esas técnicas de estructuración de los programas. Un soporte esencial para una buena estructuración de los programas es el sistema de módulos del lenguaje de programación. Es extraño encontrar un lenguaje sin un sistema de módulos,

si no teóricamente sí en la práctica como es el caso de C. En nuestro estudio se diseñan los sistemas de módulos y tipos en C (Kernighan y Ritchie, 1988). Estas técnicas de estructuración de programas se ejecutan de forma adecuada y complementaria mediante prácticas en laboratorio de computadoras. En la web de la asignatura (<http://www.ii.uam.es/~sacuna/eda/>), se detalla la organización de las prácticas y el diseño de las sesiones de laboratorio involucradas así como los entregables por parte de los estudiantes, que incluye tanto el código como la documentación de los sistemas de software desarrollados. En este espacio se hace necesario de estrategias de aprendizaje para desarrollar *la capacidad de análisis de problemas y la innovación/creatividad, la comunicación escrita y el trabajo en equipo/cooperación*.

El Espacio Orientado al Diseño tiene como objetivo la comprensión del concepto de tipo abstracto de datos y su diseño. La detección de datos del problema con características comunes se ha mostrado como una de las herramientas más importantes a la hora de estructurar un programa. Una descripción de esos datos y de sus operaciones intrínsecas sin tener en cuenta su posterior representación en un lenguaje de programación es lo que da lugar al concepto de tipo abstracto de datos (TAD) (Weiss, 1997). En este tema se desarrollarán *habilidades de comprensión* de cómo funcionan modelos tales como pilas, colas, listas, árboles y grafos y su uso mediante las adaptaciones pertinentes para *resolver problemas del mundo real*. El estudio del problema puede detectar la necesidad de un determinado TAD. La selección y especificación del mismo es una tarea que permite tomar decisiones de diseño y describir sin ambigüedades sus características y su significado, así como abstraer los detalles de su implementación. La capacidad de abstracción es la herramienta cognitiva principal que nos permitirá enfrentarnos a problemas complejos y encontrar solución a los mismos. Esta solución requiere la construcción de modelos (mundo ideal). Estos modelos son representaciones abstractas de situaciones problemáticas (mundo real). Encontradas las soluciones a través de modelos, éstas deben ser validadas nuevamente en el mundo real. Lo dos puntos clave de este proceso de modelización son: a) entender el problema con un nivel de abstracción adecuado: ¿qué es lo importante? ¿qué detalles no interesan?; y b) aplicar un lenguaje adecuado para representar el modelo del universo del problema. La capacidad de modelizar y abstraer se adquiere con la experiencia, sin embargo requiere de *estrategias de aprendizaje para desarrollar el pensamiento crítico*. Es conveniente resaltar, que se estudiarán y trabajarán con estructuras lineales y estructuras no lineales, requiriendo una *evolución del pensamiento lineal al pensamiento recursivo* para resolver problemas que requieren estructuras inherentemente recursivas. En este espacio se hace necesario de estrategias de aprendizaje grupales, en concreto, para desarrollar *la capacidad de toma de decisiones, el pensamiento crítico* (por ejemplo, *independencia de criterio y juicio*), *la tenacidad, la auto-organización, la comunicación escrita, la empatía y el trabajo en equipo/cooperación*.

El Espacio Orientado al Análisis tiene como objetivo la determinación de la eficiencia de los algoritmos así como la selección de algoritmos de ordenación y búsqueda adecuados a distintos problemas. Por tanto, el objetivo principal de esta asignatura es enseñar a los estudiantes a utilizar su propia mente, más que a usar las computadoras. Primero, porque la inteligencia no radica en las computadoras sino en las personas que las usan. Las computadoras sólo ejecutan los métodos de solución que se les introduce en forma de programas. Y segundo, porque aunque se supone que las personas saben pensar, se podría aprender a usar la mente de una manera más eficiente y creativa. El método de enseñanza tradicional para resolver problemas emplea la técnica de "enseñar el método y practicarlo por medio de ejercicios." Aunque la imitación y la práctica son parte esencial del desarrollo de la actividad creativa, no son adecuadas para resolver problemas. Muchas veces no se enseña a los estudiantes a resolver problemas particulares, sino que se les da un patrón para memorizar y aplicarlo en general. Además, la experiencia que el estudiante adquiere se enfoca principalmente a obtener una respuesta, sin considerar la calidad del método empleado.

Esta técnica en que se enfatizan las soluciones y no los métodos, prepara personas que sólo son capaces de aplicar soluciones estereotipadas, pero tienen dificultades al enfrentarse a una situación distinta. La resolución de problemas sólo puede mejorarse con la práctica si los ejercicios se tratan en forma creativa; se debe enseñar al estudiante a *desarrollar y criticar su método* más que su respuesta. Por tanto, se descubrirá y proporcionará un método definido para pensar en forma original; es decir, un procedimiento para atacar los problemas poco conocidos. Complementariamente, se impartirán y descubrirán métodos para comparar algoritmos en relación con su eficiencia temporal y espacial y

seleccionar el más eficiente para instancias de problemas. Distintas técnicas de *análisis de algoritmos* se incluyen como tema central en esta asignatura (Neapolitan y Naimipour, 2000).

Las clases de problemas de ordenación y búsqueda son comunes en trabajos de computación, y hay muchos métodos para resolverlos. El problema de ordenación parece más fácil de lo que en realidad es y constituye un trabajo que probablemente los estudiantes lo han hecho antes en diversas ocasiones, pueden tener un catálogo de sus propios libros, o pueden haber ordenado una caja de estampillas antes de colocarlas en un álbum. Pero, ¿comprenden el trabajo, pueden describir cómo hacerlo, pueden describir otra forma de hacerlo? ¿Cuál es el mejor método? En esta asignatura se estudiarán y analizarán varias soluciones a este problema junto con soluciones al problema de búsqueda. En resumen, mejorar la capacidad de crear soluciones es sólo un aspecto de esta asignatura. El otro, que el método que se va a usar sea eficiente. Si se desarrolla una mala solución, no importa cuán inteligente sea su implementación, siempre será una mala forma de producir las respuestas. En la etapa de planeación es donde se tiene oportunidad de comparar métodos y seleccionar el más adecuado y justificar estas selecciones. Las estrategias de aprendizaje que se aplican en este espacio promoverán *capacidades de análisis de algoritmos, juicio, tenacidad, comunicación oral, sociabilidad y trabajo en equipo/cooperación*.

Por último, en los tres espacios, la participación de los estudiantes en forma activa es esencial, pues la planeación no sólo se debe analizar, sino también se debe utilizar. Es decir, implementar en casos reales los contenidos estudiados y los métodos aprendidos. Se pretende, con esta asignatura no solo transmitir conocimientos sino también desarrollar la capacidad de resolver problemas con más rapidez y mejor de lo que puede hacerlo hasta el momento el estudiante, fomentar el intercambio de ideas a través del trabajo cooperativo y mejorar la motivación del estudiante hacia su aprendizaje. Cabe destacar, que estos tres espacios que componen la asignatura no son estrictamente secuenciales, sino que se relacionan, se retroalimentan unos con otros y se pueden realizar en diversas secuencias. Esto es lo que se trata de mostrar en la Figura 1 mediante las flechas interesaciales.

### 3.4. Formación Integral y Continua. Criterios de Evaluación

La evaluación del curso se realiza al nivel de logro ponderado en dos dimensiones generales, vinculadas a las distintas competencias establecidas como objetivos (ver [http://www.ii.uam.es/teleco/esp/ficha\\_evaluacion/c2t\\_edi.php](http://www.ii.uam.es/teleco/esp/ficha_evaluacion/c2t_edi.php)). Por lo tanto, se toman en cuenta los siguientes dos aspectos:

- Asimilación de los contenidos: Hasta 9 puntos (2,5 puntos por trabajos grupales e individuales + 6,5 puntos por examen).
- Participación e iniciativa, organización del trabajo y presentaciones: Hasta 1 punto.

Asimismo, la asignatura es valorada por los estudiantes a través de un cuestionario de incidencias críticas percibidas durante el curso. Esta valoración realizada en un 80% de desarrollo de la asignatura se ha recogido en este artículo para el análisis correspondiente (ver apartado 5).

Los criterios de evaluación con los que se valoran las dimensiones establecidas son los siguientes:

- Asimilación de los contenidos

Criterios:

¿Es capaz de indicar las principales “ideas fuerza” y contenidos que se han analizado en la asignatura?

¿Es capaz de establecer relaciones entre las ideas y los conceptos estudiados?

¿Ha desarrollado un criterio propio respecto a los conceptos/métodos más complejos?

¿Es capaz de evaluar los efectos de sus decisiones?

¿Ha sacado conclusiones propias de las lecturas que haya realizado de modo independiente?

¿Se hace una idea de lo que desconoce con vistas a seguir aprendiendo e indagando?

Esta competencia se evalúa a través de la calidad de los trabajos individuales y grupales que se realicen a lo largo del curso, del control de experto sobre un tema específico, así como a través de un control intermedio y un examen final sobre el conjunto de la asignatura.

- Participación e iniciativa, organización del trabajo y presentaciones

Criterios:

¿Ha asistido regularmente a clase?

¿Ha realizado todos los trabajos individuales y grupales que se han pedido?



¿Participa en clase preguntando, dando opiniones o respondiendo a preguntas del profesor?

¿Ha completado sus conocimientos con lecturas no obligatorias o de actividades?

¿Ha mostrado actitud colaboradora y respetuosa hacia los compañeros?

¿Ha realizado los "resúmenes" de las lecturas obligatorias y la memoria de los talleres conforme a las normas y criterios establecidos?

¿Sus trabajos personales están cuidados respecto a su presentación?

¿Su carpeta con la documentación y los apuntes está ordenada y cuidada?

¿Es capaz de expresarse oralmente de forma clara y con precisión?

¿Es capaz de argumentar y defender sus ideas ante los demás?

Estas competencias se evalúan a través de: a) la observación del profesor, el registro de asistencia y la entrega de trabajos obligatorios y voluntarios; b) el análisis de la propia carpeta personal y su contenido; y c) las intervenciones que realice en clase como motivo de preguntas o respuestas y con las presentaciones que realice.

- Evaluación de la asignatura por parte de los alumnos

Para medir el grado de satisfacción de los alumnos con la asignatura, se ha utilizado un Cuestionario de Incidencias Críticas (CUIC). Es una técnica sencilla y bastante eficaz donde en cinco minutos los estudiantes escriben cómo estaban viviendo la experiencia señalando los aspectos positivos, negativos y qué modificarían para mejorar la modalidad utilizada.

#### **4. Aprendizaje Cooperativo en EDA**

En este apartado nos interesa conceptualizar el aprendizaje cooperativo y describir la implementación de los métodos y técnicas aplicados en EDA.

##### **4.1. Características del Aprendizaje Cooperativo**

El aprendizaje cooperativo es uno de los procedimientos que ha provocado mayores expectativas para resolver diferentes problemas en los contextos educativos. Según Slavin (1991) la aplicación de los métodos de aprendizaje cooperativo atrae las miradas especialmente para resolver algunas cuestiones como: la mejora del rendimiento, la motivación, las relaciones interpersonales, el desarrollo de destrezas de pensamiento, y el incremento de las destrezas de colaboración. De hecho las investigaciones más actuales se dirigen al estudio de la relación entre el aprendizaje cooperativo y la motivación, al análisis de cómo la utilización de las técnicas de aprendizaje cooperativo constituyen un método adecuado para adquirir habilidades y competencias sociales (Echeíta, 1995; León et al., 2004).

El aprendizaje cooperativo se refiere a un conjunto de métodos instruccionales en donde los estudiantes trabajan en pequeños grupos (de tres a seis compañeros), generalmente heterogéneos en rendimiento. Los integrantes de cada grupo son responsables no sólo de aprender el material de clase, sino de ayudar a que todo su grupo lo aprenda. Por último se recompensa el rendimiento obtenido como consecuencia del trabajo en grupo (Díaz-Aguado, 2003; Slavin, 1987). Una definición que concreta esos aspectos es la que proponen Johnson y Johnson (1992). Definen al aprendizaje cooperativo como aquella situación de aprendizaje en la que los objetivos de los participantes se hallan estrechamente vinculados, de tal manera que cada uno de ellos "sólo puede alcanzar sus objetivos si y sólo si los demás consiguen alcanzar los suyos."

Por eso, agrupar a los alumnos no es en sí mismo un factor que incite al trabajo colectivo. Slavin (1987) insiste en dos condiciones fundamentales: por un lado, el trabajo debe estar dirigido a conseguir metas de grupo; por otro lado, el éxito en conseguir tales metas depende del aprendizaje individual de todos los miembros del grupo.

Entre los elementos que constituyen el método de aprendizaje cooperativo se pueden considerar los siguientes (Johnson et al., 1993):

- La interdependencia positiva
- La interacción cara a cara
- Dar responsabilidad a cada estudiante del grupo
- Desarrollar las habilidades del grupo y las relaciones interpersonales
- La reflexión sobre el trabajo del grupo.

También, los autores señalan las principales características del trabajo cooperativo que consisten en:

- Un equipo cooperativo

- Una administración a través de reglas
- Voluntad de cooperar
- Habilidad para cooperar y escuchar a los demás, resolver problemas y apoyarse mutuamente
- Estructura y roles.

Para evaluar, hay que tener en cuenta, al menos, los siguientes aspectos: a) objetivos, b) niveles de cooperación, c) esquema de interacción y d) evaluación de resultados. El profesor ha de cuidar que los elementos de carácter psicosocial estén siempre presentes en el trabajo cooperativo, es decir, que se reflejen en:

- El buen funcionamiento interpersonal en grupo
- La interacción cara a cara entre los miembros (de 3 a 6 personas)
- La responsabilidad individual para aumentar la comprensión
- La interdependencia positiva a través de objetivos comunes, de la división de los materiales, los recursos y la información, y de la asignación de roles.

## 4.2. Métodos y Técnicas Utilizados

Para alcanzar los objetivos y capacidades previstos (Figura 1), la asignatura ha constado de sesiones teórico-prácticas en los tres Espacios de aprendizaje en general; en el *Espacio Orientado al Diseño*, en particular, gran parte del trabajo se ha organizado en clases de tipo participativo. El papel de las técnicas participativas es servir de vehículo para el desarrollo de ejercicios/trabajos en forma conjunta, donde se fomenta el diálogo y el trabajo cooperativo, tutorizado por el profesor, y también las discusiones de alto nivel de las soluciones, de los métodos de solución y problemas de cada trabajo.

A lo largo del curso los alumnos han trabajado tanto de forma individual como en pequeños grupos de aprendizaje cooperativo. Para las sesiones de teoría, la clase se ha organizado en grupos de 4 miembros; mientras que para las sesiones de prácticas, se ha organizado en grupos de 3 miembros. A continuación, se describen las tareas y trabajos realizados en cada uno de los tres *Espacios de Aprendizaje*, describiendo los métodos y técnicas participativos y cooperativos.

### 4.2.1. Para el Espacio Orientado a la Implementación

Se han aplicado las siguientes técnicas grupales (cuya documentación completa se puede encontrar en <http://www.ii.uam.es/~sacuna/eda/program.html>) en las sesiones de teoría en equipos de 4 integrantes:

- Técnica grupal para definir un algoritmo que solucione un problema planteado y establecimiento del método seguido para elaborar el algoritmo, puesta en común de los métodos arribados y definición de un procedimiento de elaboración de algoritmos. Carga horaria: 1 sesión de 1 hora.
- Técnica grupal para definir la estructura modular de un sistema software a desarrollar. En el centro de cada grupo un alumno responde a preguntas que realizan sus compañeros de grupo sobre el porqué de la estructura modular que se está diseñando. Luego de este proceso, uno de los grupos se coloca en el centro y en voz alta se realiza esta discusión mientras el resto de grupos escucha las discusiones, reflexionando sobre el proceso de razonamiento para estructurar el sistema planteado. Carga horaria: 2 sesiones de 1 hora cada una.

Además, se han aplicado las siguientes técnicas grupales en las sesiones de prácticas en equipos de 3 integrantes:

- Prácticas de laboratorio en computadoras formando parte de equipos cooperativos con compañeros elegidos libremente. Los enunciados de las prácticas y las fechas de entrega correspondientes se puede encontrar en <http://www.ii.uam.es/~sacuna/eda/practica.html#4>. Carga horaria presencial: 8 sesiones de 2 horas que hacen un total de 16 horas de laboratorio con la presencia del profesor para el desarrollo de 4 prácticas sobre manejo de punteros y gestión dinámica de memoria, pilas, árboles binarios de búsqueda y algoritmos avanzados de ordenación.
- Para determinar los factores que influyen en un mejor rendimiento de cada equipo se realizaron medidas antes, durante y después del desarrollo de las prácticas. Para ello, los estudiantes respondieron a los siguientes test y cuestionarios relativos a: conocimientos,

destrezas y habilidades (KSA, en inglés, *Knowledge, Skills, Abilities*) del trabajo en equipo, preferencias del clima de equipo y factores de personalidad (test psicométrico Big Five de tipo proyectivo) antes de comenzar a trabajar en equipo en las prácticas. Como variable interviniente se midió nuevamente el clima, en este caso, percepciones del clima durante y al final del desarrollo de las prácticas. El clima media sobre el equipo. Al final de las prácticas se comprobaron las características de las tareas (interdependencia y autonomía). Las variables dependientes o variables respuesta fueron: la satisfacción y el rendimiento. Este último involucra tiempo de desarrollo (medido en función del cumplimiento de las fechas de entrega de las prácticas) y calidad del producto (definido por los criterios de evaluación de cada práctica, con una calificación numérica de 0 a 10) de las prácticas entregadas.

#### 4.2.2. Para el Espacio Orientado al Diseño

Se realizó la aplicación de las siguientes técnicas grupales en los equipos de 4 integrantes:

- Técnica grupal de articulación y reflexión ante la pregunta ¿qué es esa cosa llamada tipo abstracto de datos? Puesta en común en la pizarra sobre las definiciones que cada grupo ha madurado y consensuado y establecimiento de una definición adecuada. Carga horaria: 1 sesión de 1 hora.
- *Rompecabezas* (Jigsaw). Los estudiantes son asignados a equipos heterogéneos. El material de estudio se divide en tantas partes como alumnos haya en cada equipo. Cada miembro del equipo estudia su parte y se reúne con miembros de otros equipos que tienen las mismas secciones en "grupo de expertos". Después regresan a su equipo original y aportan a sus compañeros el trabajo realizado, de tal manera que todos deben estudiar el material completo. Todos los alumnos son preguntados sobre la unidad entera y también son evaluados de forma individual.

Para este espacio de aprendizaje, se llevó a cabo la técnica Reunión de Expertos que involucra un trabajo cooperativo formal y que consta de los siguientes pasos. Se divide el curso en equipos de 4 miembros (numerados del 1 al 4) y se les asigna cuatro temas de estudio: Pila, Cola, Lista y Árbol Binario (un tema a cada integrante de cada equipo). Todos los estudiantes con el mismo tema se dividen a su vez en grupos de cuatro personas que serán expertos en un tema. Para ello deben realizar: a) un conjunto de lecturas obligatorias cortas propuestas por el profesor, b) ejercicios sobre el tema en el que adquirirán experticia, c) una "carpeta personal" o "portafolio" en la que irán incorporando los "apuntes", la síntesis de aprendizajes por sesiones de estudio, las lecturas y trabajos realizados durante el curso, así como todo aquello que a iniciativa individual el estudiante quiera incorporar como experto en el tema que le ha sido asignado, y d) un control individual sobre cada tema asignado. En la Figura 2 se muestra un ejemplo del formato del documento elaborado para la actividad de reunión de expertos sobre el tema pila. El mismo modelo de estudio y análisis se ha elaborado para colas, listas y árboles.

Luego del control individual de experto, los estudiantes vuelven a sus grupos originales para explicar a sus compañeros cada tema que aprendieron como expertos. Previo a este regreso, se modificó la técnica intercalando cuatro sesiones expositivas con interacciones para que comprobasen que habían aprendido durante las reuniones de expertos a fin de explicarles los aspectos principales de cada tema y clarificarles conceptos y funcionamiento de los cuatro TAD. Finalmente, todos los grupos originales deben presentar un taller donde se consignan preguntas, ejercicios, investigaciones para los cuatro temas aprendidos. Este Taller I puede encontrarse en [http://www.ii.uam.es/~sacuna/eda/participa/TALLER\\_I.doc](http://www.ii.uam.es/~sacuna/eda/participa/TALLER_I.doc). Además, para asegurar que todos aprendan todos los temas se realiza el control intermedio ahora sobre todos los temas involucrados. Esta técnica propicia la organización, la responsabilidad y compromiso de aprendizaje y el trabajo cooperativo. Carga horaria presencial: 5 sesiones de 1 hora cada una para las reuniones de expertos y el control de experto y 5 sesiones de 1 hora para la resolución de los ejercicios del Taller I.

#### 4.2.3. Para el Espacio Orientado al Análisis

Se aplicaron las siguientes técnicas grupales en los equipos de 4 integrantes de teoría y en los equipos de 3 integrantes de prácticas:

- Técnica grupal en modalidad de póster para resolver los ejercicios del Taller II sobre análisis

teórico de la eficiencia de algoritmos en los mencionados equipos de 4 integrantes por grupo. El detalle del Taller 2 se puede encontrar en [http://www.ii.uam.es/~sacuna/eda/participa/TALLER\\_II.doc](http://www.ii.uam.es/~sacuna/eda/participa/TALLER_II.doc). Además, en los equipos de 3 integrantes en los laboratorios de computadoras de prácticas, éstos han realizado la determinación empírica de la eficiencia temporal de algoritmos de ordenación avanzados presentando los resultados en formato de póster. Estos pósters fueron presentados oralmente para conocimiento de sus compañeros, quienes realizaron a su vez preguntas a los integrantes de cada equipo expositor. Asimismo, se realizó una evaluación de pares, donde sus propios compañeros valoraron la estética del póster y la exposición de cada uno de los restantes equipos. Se destinaron 3 sesiones presenciales de 1 hora para la elaboración de los pósters y 3 sesiones de 1 hora para la presentación del póster de prácticas.

- Como se ha mencionado, durante estas sesiones participativas se contó con la colaboración de dos becarios cuya labor consistió en supervisar las actividades de cada grupo. Cada ayudante "supervisó" razonablemente en una sesión el trabajo de 4 grupos de 4 alumnos. Asimismo, todos los entregables fueron oportunamente devueltos a cada estudiante y, o, equipo con las retroalimentaciones correspondientes y las valoraciones pertinentes.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**  
**INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**  
**ASIGNATURA: ESTRUCTURA DE DATOS Y ALGORITMOS (EDA)**

**RESUMÓN DE EXPERTOS DE FILA**

**OBJETIVOS:**

1. Definir el TAD Fila.
2. Describir el funcionamiento del TAD Fila.
3. Enumerar las primitivas del TAD Fila.
4. Diferenciar las operaciones de abstracción.
5. Implementar pilas estáticas en C.
6. Aplicar las pilas para diferentes usos.

**COMPETENCIAS:**

- ⇒ Lecturas obligatorias de la siguiente bibliografía:
  - M. A. WEISS, *Data Structures an Algorithmic Analysis in C* T<sup>ra</sup> ed. Addison Wesley, 1995. Capítulo 3, Apéndice 1.3: The Stack ADT.
  - L. EYANES AGUILAR & I. ZAGONERO MARTÍNEZ, *Algoritmos y Estructuras de Datos. Una perspectiva en C*. Mc-Graw Hill, 2004. Capítulo 10: Pilas y sus Aplicaciones.
  - Transparencias de la asignatura que se pueden encontrar en el repositorio online también disponibles en la página web de EDA: <http://www.ii.uam.es/~sacuna/eda/>.
- ⇒ Lecturas complementarias de otros libros seleccionados de la bibliografía orientativa de la página web de EDA o bien propuestas por el equipo de expertos.

**ACTIVIDADES:**

1. Realizar transparencias o una versión con estilos analíticos, mapas conceptuales, gráficos, etc. que sintetice el tema asignado.
2. Realizar los ejercicios de las transparencias y de los libros de lecturas obligatorias y por lo menos dos ejercicios de los otros libros seleccionados.

**MATERIAS A ENTREGAR:**

1. Copia de trabajo o portfolio con la síntesis del tema asignado y los ejercicios realizados junto con sus soluciones.
2. Copiar por escrito el resumen de horas seleccionadas (por integrantes y en equipo) al de las sesiones técnicas que les ha llevado a completar este trabajo.

**REPOSICIONADOR DE:**

1.	Introducción	1.1.	Objetivos de la asignatura y contenidos de los cursos de EDA, programación de algoritmos.
2.	TAD Fila	2.1.	Definición conceptual y gráfica. Representación de algoritmos. Estrategias de abstracción. Tipos de pilas. Implementación de pilas.
3.	Filas estáticas en C	3.1.	Definición de datos estáticos, tipos, tamaño. Definición de tipos C y su implementación de pilas.
4.	Aplicación de pilas	4.1.	Implementación de algoritmos y tipos para operaciones con pilas. Estrategias de abstracción en la implementación de pilas. Implementación de pilas en C. Definición de pilas de algoritmos de programación, problemas de ejecución, complejidad, Algoritmos de búsqueda.

**CRITERIOS DE ÉXITO:**

Cada integrante llevará consigo el portfolio de experto y el equipo los presentará el set de soluciones de ejercicios seleccionados.

**FECHA DE ENTREGA:** 17 de Marzo de 2015

Figura 2. Ejemplo de Documento Elaborado para la Técnica Reunión de Expertos

### 5. Evaluación de la Experiencia de la Modalidad Cooperativa

En este apartado nos centraremos en la valoración de la percepción de los estudiantes de la modalidad cooperativa implementada en EDA, por dos razones principalmente. Por un lado, nos parece interesante analizar cómo se ha vivido la experiencia de trabajo cooperativo a través de la percepción de los protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje: los alumnos. Por otro lado, reconocemos la importancia de analizar la experiencia de los estudiantes (valoración cualitativa) junto con los resultados de aprovechamiento académico (valoración cuantitativa), para buscar detalles que nos

ayuden a comprender ambos resultados. Sin embargo, al faltar la evaluación final de teoría y prácticas - que se llevará a cabo a finales de junio -, tenemos que limitar nuestro análisis a la valoración cualitativa, y completarlo posteriormente, con los resultados de todas las evaluaciones.

En lo que sigue se describirá el instrumento aplicado, así como el método de análisis de los resultados.

### 5.1. Condiciones de Aplicación y Análisis del CUIC

Una vez desarrollado un 80% de las sesiones teórico-prácticas de EDA se procedió a realizar una evaluación de la asignatura a partir de un Cuestionario de Incidencias Críticas (CUIC) entregado a los alumnos para su cumplimentación. Este cuestionario insta a los alumnos a valorar tanto los aspectos positivos y negativos de la asignatura, así como aportar sugerencias para mejorar el trabajo académico.

El número total de alumnos matriculados este curso fue de 66, aunque sólo 46 de ellos pudieron realizar el CUIC, lo que representa casi el 70% del grupo. Cuando se hace un CUIC, hay que tener en cuenta que las preguntas tienen un carácter abierto, por lo que es imprescindible categorizar las respuestas y ordenarlas según la frecuencia con que fueron nombradas por los alumnos, ya que leerlas una tras otra, no conduce a ninguna conclusión aprovechable. Es así, que para el análisis que aquí se presenta, hemos seleccionado las opiniones en las que coincidían por lo menos dos alumnos, ordenándolas jerárquicamente de mayor a menor frecuencia. La razón que justifica esta selección es que no se pueden atender las opiniones individuales, justamente porque solamente corresponden al punto de vista de una persona y no pueden afectar a todos.

### 5.2. Análisis

Con la colaboración de Joan Domingo de la Universitat Politècnica de Catalunya se ha realizado un análisis de las respuestas del CUIC que se ven reflejadas en la Tabla 2. Para la elaboración de esta Tabla, se han considerado tanto los aspectos positivos como negativos y se han dispuesto según su frecuencia de forma descendente. En esta Tabla, reducida a partir de las respuestas originales, se muestran solamente aquellas opiniones que hayan aparecido más de una vez y éstas se han tenido en cuenta quedando claros los aspectos que se detallan a continuación.

	ASPECTOS NEGATIVOS
<b>S</b>	
<b>NS</b>	
<b>XX</b> El trabajo en grupo favorece la integración entre otros y enseña a escuchar y a opinar	<b>XXXXXX</b> Tiempo dedicado
Conocemos y tenemos mejor relación con los otros	<b>XXXX</b> No todos los miembros del equipo se implican por igual
<b>S</b> a cooperación en grupo. La implicación de todos para	<b>XXX</b> Demasiado trabajo
da mucho a estudiar y entender la teoría	<b>XXX</b> La dificultad para poder coincidir en los horarios y entonces unos deben hacer el trabajo de otros
sante de cara al trabajo en la empresa	<b>XXX</b> Se consume demasiado tiempo
o de trabajo	<b>XX</b> Trabajos demasiado largos
jo pedido para llevar la asignatura al día	<b>XX</b> Poco tiempo para reunirse y trabajar en grupo
ceptos se ven reforzados al debatirlos en grupo	<b>XX</b> El trabajo en equipo ha quitado mucho tiempo para las clases de la asignatura en sí

Tabla 2. Tabla Resumida de los Aspectos Positivos y Negativos de la Experiencia de Aprendizaje Cooperativo en EDA

Si nos centramos en la primera columna correspondiente a los aspectos positivos podemos observar que los estudiantes consideran más positivos los tres primeros aspectos y que éstos son parecidos. Estas opiniones hacen referencia a las ventajas de la interacción social. Se nota cómo aprecian trabajar, conocer y relacionarse con otros compañeros. Esto es satisfactorio porque perciben, clara y mayoritariamente que es mejor trabajar con gente que trabajar solos. Asimismo, perciben que el trabajo en grupos cooperativos facilita el estudio, ya sea porque se reparte la carga de trabajo o porque entre todos los miembros pueden explicar mejor los contenidos, reforzar los conceptos, aún siendo éstos nuevos para la mayoría. Por último, subrayan que esta modalidad de aprendizaje puede servirles como entrenamiento para el trabajo de su práctica profesional; en la actualidad, las habilidades sociales y el trabajo en equipo son valores en alza en el mundo empresarial.

En relación con lo negativo, destacan claramente tres aspectos: el factor tiempo, la carga de trabajo y la implicación de los miembros del equipo. Está claro que la mayoría de las opiniones de los alumnos reflejan una preocupación por el uso del tiempo. Perciben que la presión es excesiva (lo sea o no, ellos lo perciben así y, por tanto, hay que tratarlo aunque no se esté de acuerdo con ello) y que no disponen de suficiente tiempo para llevar a cabo las tareas encomendadas, ni reunirse con sus compañeros de equipo, ni llevar al día otras asignaturas. Muy relacionado con este aspecto se encuentra la percepción de la carga de trabajo. Una parte de los alumnos piensa que los trabajos propuestos a lo largo del curso han sido muy extensos. El exceso de tiempo que perciben podría tener un doble origen: o hay poco tiempo, realmente, o los trabajos son excesivamente largos para el tiempo disponible. Esto es resoluble de cara al próximo curso puesto que se podría rebajar algo el volumen, el alcance o la cantidad de entregables.

También se observa otro aspecto interesante: se quejan de no poderse reunir fuera de clase por incompatibilidad horaria, porque los grupos no los han podido formar ellos en la reunión de expertos y porque existen personas dentro del grupo que cargan con más trabajo de la cuenta a causa de no poderse reunir fuera. Y hasta existen críticas de falta de motivación. Bueno, a esto también se le puede poner remedio, con vistas a aplicaciones futuras, limitando la actividad al interior del aula (ajuste de dificultad/tiempo de las actividades), o se extiende más allá del aula pero se deja que ellos formen los grupos por su cuenta, o se les ofrece un foro virtual en el que puedan encontrarse.

Con respecto a la implicación de los miembros del equipo de trabajo, a su vez, algunos alumnos han percibido que no ha sido muy equitativa. Habría que plantearse si el diseño de la actividad específica ha ocasionado tal situación y replantear las propuestas para que ningún componente de pueda "escaquear" o no participar. En este sentido, John Cowan señala que la tarea del profesor/a es crear situaciones de las que un estudiante cualquiera no pueda escapar sin haber aprendido algo.

En relación con los aspectos de motivación, si la actividad está bien diseñada y existe interdependencia positiva (cada componente del grupo ejerce un rol y tiene una tarea concreta de la que depende todo el grupo y de la que no se puede escapar -nadan juntos o se ahogan juntos-), responsabilidad individual (a cada cual hay un aspecto que le es exigible y sólo a él y del que todos dependen) y el reparto de tarea es ecuánime para todos los componentes del grupo, los casos de desmotivación, que en nuestro caso no son muchos, disminuirán.

El siguiente paso en el análisis es comentar con rigor y seriedad estos elementos en la clase, comunicar a los estudiantes la sensación positiva de que lo que hicieron se ha leído, trabajado y atendido. Que va a servir para algo, que se traduce en medidas efectivas. Que se han valorado todas y cada una de las opiniones poniendo lógico énfasis en las mayoritarias. Que hay una preocupación por lo que sienten (el CUIC) y por lo que piensan (el qué harían ellos) y que se agradece su colaboración en la mejora de la asignatura. Es muy importante que perciban formar parte de un plan en el que tanto profesores y alumnos con la Escuela, la Universidad, adquieren la responsabilidad social de su educación superior. Que lo entiendan y lo perciban es muy importante.

Es por ello que una vez realizado el análisis de las opiniones de los alumnos, se ha considerado conveniente comentar en clase los resultados que se reflejan en la Tabla 2 durante aproximadamente cinco minutos. Los estudiantes se han visto reflejados al mostrarles cuáles han sido los aspectos positivos y los negativos más valorados y también se ha observado una mejora de la empatía hacia la asignatura al expresares lo que la cátedra pensaba hacer al respecto. Para este año, se tiene en cuenta que se han sentido muy presionados y que, por este motivo, nadie debe sentirse lesionado en la calificación final, y que, de ser así, lo podían comentar personalmente a la profesora para ver hasta qué cierto punto llevan razón y merecen consideración aparte, fuera del común de la clase.

Se les ha comentado nuevamente que las clases de EDA no están únicamente orientadas a la transmisión de conocimientos sino que, además, se pretende que afloren situaciones de trabajo y relación grupal (y que se consigue, a la vista de los aspectos señalados como positivos). Se hizo notar que la clase no se reduce a conceptos, aunque estén acostumbrados a ello y que las clases de EDA persiguen algo más y que, seguro, que algún conocimiento de menos no será un impedimento tan grave como una deficiencia en cuestiones de trato personal en el ámbito del trabajo.

El apartado del CUIC en el que se les pregunta qué harían ellos para mejorar, podemos observar que ha arrojado una diversidad de opiniones (Tabla 3).

PROPUESTAS	FRECUENCIA
1- No tener la necesidad de asistir a todas las reuniones. No evaluar la asistencia a clase	
2- Prácticas más cortas	
3- Ejercicios tanto individuales como obligatorios de trabajo en equipo más definidos	XX
4- Un mayor organización del tiempo por parte de los integrantes del grupo ya que son muchas asignaturas y prácticas. Metodologías de trabajo en grupo. Habría que tener más ayuda para realizarlo	
5- Más tiempo y/o menos ejercicios	
6- Más centrado	XX
7- Pondría más orden en clase, haciendo callar a la gente	
8- Relajación en las medidas de control y mayor libertad de actuación dentro de los grupos. Sin que esté todo prefijado	
9- Menos carga de trabajo y reuniones en horario de clase. Ya que fuera del horario es imposible quedar (problemas de compatibilidades horarias)	
10- Hacer algo para que todos los miembros trabajen por igual. Controlar a aquellos que no se esfuerzan al mismo nivel que sus compañeros porque saben que éstos harán su trabajo.	XX
11- Le quitaría horas a las reuniones y se las daría a clases magistrales, o en su defecto les daría más nota a los talleres	
12- Menos ejercicios	
13- Más ejercicios y algunos más complicados	
14- Más horas en clase, ejercicios de contenidos mixtos	
15- Más tiempo en clase para mejorar los aspectos negativos y menos ejercicios para que el grupo trabaje con menos presión o más tiempo para poder terminar las tareas	XX
	XX

**Tabla 3.** Cambios Propuestos por los Estudiantes

Los más no proponen nada concreto y claramente eficaz; hablan de “hacer algo” para solventar algún aspecto, generalmente ligado a lo que han escrito como su incidencia más negativa. Hasta hay contradicciones notables como entre las opiniones 7 y 8 o entre la 12 y la 13. Lo que sí que se puede atender (aunque solamente se refiera a ello una persona) es a la definición de las tareas: que estén muy claros los objetivos a cumplir y los indicadores que se van a considerar de cara a calificar las producciones, trabajos, ejercicios, prácticas, etc.

En estas propuestas, está claro, los alumnos vuelven a incidir en el control del tiempo de la asignatura y la carga de trabajo, lo cual, indudablemente, serán aspectos a los que tendremos que prestarles más atención en sucesivos cursos.

## 6. Descripción del Cross-Experimento sobre Formación de Equipos

Se ha planteado un cross-experimento que nos permita estudiar empíricamente qué tipo de personas (estudiantes)-combinaciones de personas (equipo) se encuentran más cómodas y rinden mejor en las prácticas de desarrollo de software de mediana complejidad. La importancia del estudio de la formación de equipos en las prácticas de desarrollo de software radica en que si llegamos a conocer los factores sociológicos y psicológicos que influyen en un mejor rendimiento de los equipos de desarrollo, los profesores podrán usar este conocimiento para formar equipos mejores para el aprendizaje orientado al desarrollo.

La formación y el comportamiento de equipos consta de cuatro componentes básicos: a) personas, b) tareas, c) comportamiento del equipo y d) salidas. La Figura 3 muestra las relaciones entre estos componentes, así como también los aspectos principales de cada uno de ellos. Estas relaciones son dinámicas en término de variedad y cambio, lo que hace a la estructura de grupos abierta y compleja.

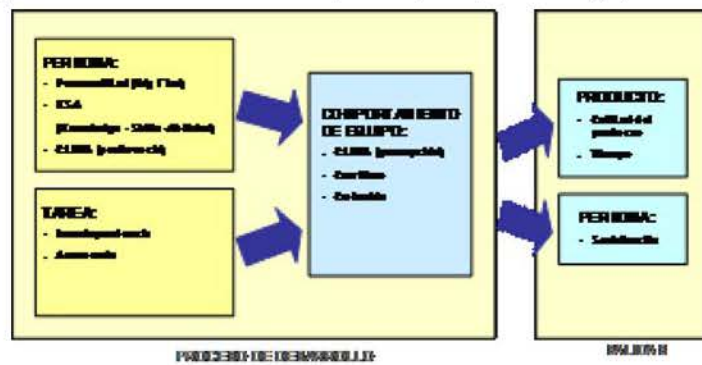


Figura 3. Modelo de Efectividad y Comportamiento de Grupos

El modo que los psicólogos tienen para obtener estrategias de formación de equipos en un determinado dominio es a través de la recolección de datos. De esta manera, nos planteamos obtener datos que nos permitan analizar y extraer conclusiones sobre cómo relacionar a estudiantes a nivel individual y de equipo en el proceso de desarrollo de software, además de ver los resultados sobre el producto (calidad y tiempo de desarrollo) y sobre las personas (satisfacción del trabajo obtenido en equipo). Para ello, se ha realizado un cross-experimento con los estudiantes de EDA. Las razones para llevar a cabo este proceso básicamente son dos: a) es no-intrusivo y b) es poco costoso.

Los aspectos que se consideran influyentes en el rendimiento, eficacia y nivel de satisfacción del equipo son muchos (Molleman et al., 2002; Molleman y Slomp, 1999; Anderson y West, 1999), los que nosotras hemos considerado son (Figura 3):

- La personalidad de cada uno de los miembros del equipo. En concreto los cinco factores de personalidad del test psicométrico Big Five, a saber Extroversión, Amabilidad, Diligencia, Estabilidad Emocional y Apertura a la experiencia.
- Los conocimientos, las destrezas y habilidades (KSA, en inglés, Knowledge, Skill, Abilitites) sobre cómo se debe trabajar en equipo.
- Las preferencias y las percepciones del ambiente o clima de trabajo del equipo en el que se desarrollan las prácticas de software.
- El nivel de cohesión y de conflicto alcanzado por el equipo.

Estos aspectos se han seleccionado, pues se considera que afectan de una forma importante a las variables respuesta del equipo (calidad, tiempo de desarrollo, satisfacción) siguiendo a Yang y Tang (2004). Todos ellos, son aspectos estudiados en el ámbito de la psicología social, por ello para poder determinar en qué medida cada uno de estos aspectos interviene en los resultados alcanzados por el equipo, estamos realizando medidas sobre cada uno de ellos a través de cuestionarios elaborados precisamente por especialistas en psicología social, que además, nos están ayudando en el análisis de los datos, así como en su interpretación.

El cross-experimento se divide en tres partes:

- Fase inicial o PRE
- Fase de desarrollo o DURING
- Fase final o POST

y los cuestionarios se realizan de acuerdo a esta división según la distribución de la Tabla 4.

ASPECTOS MEDIDOS	FASES DEL CROSS-EXPERIMENTO		
	PRE	DURING	POST
Personalidad (Big Five)	X		
KSA	X		
Preferencias de Clima	X		
Percepción de Clima		X	X
Interdependencia Autonomía			X



Conflicto	Cohesión		X	
-----------	----------	--	---	--

Tabla 4. Fases y aspectos medidos del cross-experimento

Todas las medidas que se realizan desde el principio hasta el final del cross-experimento son variables independientes, excepto el grado de Satisfacción que junto con el Rendimiento son variables dependientes o variables respuesta (Figura 3). El Rendimiento incluye el tiempo de desarrollo (medido en función del cumplimiento de las fechas de entrega de los productos software) y calidad del producto (definido por los criterios de evaluación de los documentos realizados). La Satisfacción de los miembros del equipo al finalizar las prácticas se mide mediante un cuestionario específico proveniente de la psicología social.

Se están relacionando los aspectos de las personas (personalidad, KSA y preferencias del clima) junto con las combinaciones de personas en cada equipo y la calidad del producto, tiempo de desarrollo y satisfacción de los miembros del equipo. El tipo de preguntas que esperamos responder es cómo un tipo de persona a nivel individual y de equipo se comporta en la actividad de diseño y programación y determinar el ajuste persona-comportamiento del equipo a las prácticas de desarrollo de software. Entre otras preguntas de investigación, estamos considerando: "La interdependencia de las tareas dentro del equipo influye en la relación entre la Extroversión del equipo y la Calidad del software?", "La autonomía de las tareas dentro del equipo influye en la relación entre la Diligencia del equipo y la Calidad del software obtenido?", "¿Existe alguna relación entre la percepción de la participación media del equipo (media aritmética del aspecto de percepción de la participación media durante y al final del desarrollo de la tarea de los miembros del equipo) y la Calidad del software?", "La Interdependencia de las tareas dentro del equipo influye en la relación entre la percepción de la participación media del equipo y la calidad del software obtenido?", "La Autonomía de las tareas dentro del equipo influye en la relación entre la percepción de la participación media del equipo y la Calidad del software obtenido?" y preguntas similares se analizan también para la variable respuesta Satisfacción del equipo por el trabajo realizado.

## 7. Conclusiones

El cometido de este artículo ha sido el de servir como marco de referencia para la experiencia llevada a cabo este año en la asignatura Estructura de Datos y Algoritmos, enmarcada dentro de la titulación de Ingeniería de Telecomunicación de la Escuela Politécnica Superior de la UAM. Debido a las directrices impuestas por el Espacio Europeo de Educación Superior, en EDA el aprendizaje se ha centrado en el estudiante y la interacción ha jugado un rol preponderante en el proceso de aprendizaje. Esto se ha debido principalmente a las ventajas que presenta la modalidad del aprendizaje cooperativo que adquiere su máxima relevancia en la actual sociedad abierta y diversa donde los estudiantes se desempeñarán como futuros profesionales.

Una de las principales ventajas que hemos comprobado en la programación participativa implementada ha sido el incremento de la motivación y de la autoestima por parte de un grupo de estudiantes que permanecían en las primeras sesiones "ocultos" en el aula, y que luego despertaron mostrando sus capacidades. También les ayudó el ambiente protegido que se crea en las distintas dinámicas del aprendizaje cooperativo y el hecho de que con un lenguaje cercano y familiar sus compañeros les explicaban conceptos, funcionamientos, modelos y, por tanto, pensaban "si mi compañero ha podido comprender estos temas yo también lo podré hacer."

Los estudiantes durante esta experiencia han vivido el aprendizaje a través de la interacción y la empatía y las relaciones interpersonales han mejorado por lo menos en la concienciación de que es posible aprender de otro modo que el tradicional.

Sin embargo, ha habido grupos que no se han adaptado a la nueva modalidad, por lo menos en las primeras sesiones donde han aflorado situaciones de resistencia al cambio y de permanecer en la comodidad de lo conocido, también situaciones de post-juicio donde a pesar de que el 90% del aula participó de *una simbiosis en el aprendizaje*, éstos querían descartar la nueva experiencia sin haberla analizado ni menos vivido.

Este tipo de experiencia debe ser sustentada y apoyada institucionalmente, sino quedan en esfuerzos individuales que se pierden, pues el entorno sigue siendo tradicional y se vuelve muy pronto a los patrones ya conocidos. Además, es imprescindible el asesoramiento psicopedagógico en la incorporación de estas modalidades de aprendizaje pues para los profesores también se torna en un

aprender a aprender y la marcha diaria de implementaciones de este tipo debe ser asistida por profesionales en ciencias de la educación. En esta versión EDA contó con el asesoramiento de Gabriela López-Aymes, Dra. en Educación por la Universidad Complutense de Madrid.

En relación con los aspectos a mejorar para la próxima versión del trabajo cooperativo en EDA se encuentra ajustar el alcance de los entregables, cuya cantidad se mantendría pero disminuyendo su extensión. Además, considerando que los estudiantes no han podido reunirse fuera de clase por incompatibilidad horaria, se limitará la actividad al interior del aula (nuevamente surge el ajuste de dificultad/tiempo de las actividades) y se les ofrecerá un foro virtual en el que puedan encontrarse.

Por último, se ha diseñado un cross-experimento donde se han recolectado medidas a través de cuestionarios sobre los aspectos y subaspectos que afectan a cada componente del modelo de formación del equipo: persona, tarea y comportamiento del equipo. Esto nos permitirá comprobar qué tipo de persona (estudiante)-combinaciones de personas (equipo) se ajusta mejor a las prácticas de desarrollo de software. Se caracterizan las personas según factores de personalidad (Big Five) y las KSA, así como, el comportamiento del equipo a través de los dos niveles de clima, preferencias y percepciones. Por otro lado, realizamos la caracterización de la tarea (interdependencia y autonomía) y los aspectos influyentes sobre el componente comportamiento de equipo (cohesión, conflicto y clima percibido en el equipo) y ajustando sus posibles valores a las características de las prácticas de desarrollo de software. Finalizadas ambas caracterizaciones, vemos qué tipos de personas, tanto a nivel individual (factores de personalidad obtenidos con el Big Five) como de equipo (preferencias de clima), encaja mejor en el desarrollo de software y, por tanto, determinamos el ajuste persona-comportamiento del equipo a cada práctica. La situación actual del cross-experimento nos está dando información para extraer las primeras conclusiones a este respecto. Así, podemos ver como personas seguras e innovadoras con capacidad de razonar, sintetizar y trabajar en equipo que prefieren un clima unánime e innovador tienen un mejor rendimiento en las prácticas autónomas, cuando existe un 66% de esta composición en la formación del equipo y el 34% restante presenta personas diligentes con conocimientos del trabajo en equipo pero que prefieren un clima compartimentado. O bien, equipos con personas diligentes y seguras y que saben trabajar en equipos pero para determinadas actividades y que prefieren un clima acomodado, compartimentado y de calidad tienen un mejor rendimiento en las prácticas dirigidas con una composición del 53% y el resto de esta composición con personas innovadoras que prefieren un clima cohesionado y participativo.

## Agradecimientos

Se agradece a los doctores Alberto Suárez González y José Ramón Dorronsoro Íbero por su asesoramiento en la elaboración del proyecto piloto de ECTS para EDA, al profesor Joan Domingo de la Universitat Politècnica de Catalunya por su valiosa ayuda para el análisis del CUIC, y a los becarios Javier Gómez Escribano y Andrés Cortes Marlia por su colaboración en la asignatura.

## Referencias

- Anderson N., y West, M. (1999). *The Team Climate Inventory: User's guide*. 2nd ed. Windsor: NFER-Nelson, ASE.
- Bruning, R. H., Schraw, G. J., y Ronning, R. R. (1999). *Cognitive psychology and instruction*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. (Trad. cast.: *Psicología cognitiva e instrucción*. Madrid: Alianza, 2002).
- Das, J. P., y Abbott, J. (1995). PASS: An alternative approach to intelligence. *Psychology and Developing Societies*, 7(2), 155-184.
- Díaz-Aguado, M. J. (2003). *Educación Intercultural y Aprendizaje Cooperativo*. Madrid: Pirámide.
- Echeíta, G. (1995). El aprendizaje cooperativo. Un análisis psicosocial de sus ventajas respecto a otras estructuras de aprendizaje. En P. Fernández y A. Melero (Comps.), *La Interacción Social en Contextos Educativos*. Madrid: Siglo XXI.
- Johnson, D. W., y Johnson, R. (1992). Positive interdependence: Key to effective cooperation. En R. Hertz-Lazarowitz, N. Miller (Eds.), *Interaction in Cooperative Groups*. Cambridge, Mass: Cambridge University Press.
- Johnson, D. W., Johnson, R., y Holubec, E. J. (1993). *Cooperation in the classroom* 6ª ed. Edina, MN: Interaction Book Company.

- Kernighan, B. W., y Ritchie, D. (1988). *The C programming language*. 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- León, B., Gonzalo, M., y Vicente, F. (2004). El entrenamiento previo en habilidades sociales como factor mediador en la eficacia del aprendizaje cooperativo. *IV Congreso Internacional de Psicología y Educación: Calidad Educativa. Actas* (pp. 1604-1614). Almería, 30-31 de Marzo y 1-2 de Abril.
- Leontiev, A. N. (1981). The problem of activity in psychology. En J. V. Wertsch (Ed.), *The Concept of Activity in Soviet Psychology*. Armonk, NY: M. E. Sharpe.
- Molleman, E., Nauta, A., y Jehn, K. A. (2002). Person-job fit applied to teamwork: A multi-level approach. *Proceeding of the 6<sup>th</sup> International Workshop on Teamworking, Scholl of Technology and Society*, 1-10.
- Molleman, E., y Slomp, J. (1999). Functional flexibility and team performance. *International Journal of Production Research*, 37, 1837-1858.
- Neapolitan, R. E., y Naimipour, K. (2000). *Foundations of algorithms*. Boston: Jones and Bartlett Publishers.
- Página Web de la Asignatura Estructura de Datos y Algoritmos:  
[http://www.ii.uam.es/teleco/esp/c2t\\_edi.php](http://www.ii.uam.es/teleco/esp/c2t_edi.php)
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in Thinking: Cognitive Development in Social Context*. Nueva York: Oxford University Press.
- Slavin, R. E. (1987). Cooperative learning and the cooperative school. *Educational Leadership*, 45(3), 7-15.
- Slavin, R. E. (1991). Synthesis of research on cooperative learning. *Educational Leadership*, 48(5), 71-82.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Weiss, M. A. (1997). *Data structures an algorithm analysis in C*. 2<sup>nd</sup> ed. Menlo Park, CA: Addison Wesley.
- Wells, G. (2004). El papel de la actividad en el desarrollo y la educación. *Infancia y aprendizaje*, 27(2), 165-187.
- Yang, H.-L., Tang, J.-H. (2004). Team structure and team performance in IS development: A social network perspective. *Information & Management*, 41, 335-34