

EXPERIENCIA DE ADAPTACIÓN AL EEES DE LA ASIGNATURA DE "ARQUITECTURA E INGENIERÍA DE COMPUTADORES"

C. REPRESA, J.M. CÁMARA, P.L. SÁNCHEZ Y M.I. DIESTE

Dpto. de Ingeniería Electromecánica. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos. España.

En esta comunicación se presenta una experiencia docente orientada a la adaptación al EEES de la asignatura de "Arquitectura e Ingeniería de Computadores" con el objetivo de probar de forma no traumática un modelo de enseñanza que cumpla con los criterios establecidos por el proceso de convergencia europea. El trabajo propuesto al alumno para que desarrolle su capacidad de aprendizaje ha sido la medida del rendimiento de un cluster de ordenadores, empleando el sistema MPI como herramienta de programación.

1. Introducción

La Universidad de Burgos como institución, así como todos los miembros que forman parte de ella, quieren hacer suya y potenciar la inquietud renovadora de la enseñanza universitaria, y muy especialmente aquella que contribuya a la construcción del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), respondiendo así al reto de las declaraciones de La Sorbona, Bolonia, Praga, Berlín y Bergen en torno a la compatibilidad, comparabilidad y competitividad de la Enseñanza Superior en Europa [1]. Por su parte, la Ley 3/2003, de 28 de marzo, de Universidades de Castilla y León, en su disposición adicional sexta, contempla la adopción, por la Junta de Castilla y León en el ámbito de sus competencias, de las medidas necesarias para la más pronta y plena integración del sistema español en el espacio europeo de enseñanza superior. En consecuencia, la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León ha convocado ayudas para la elaboración y desarrollo de proyectos relacionados con la convergencia europea de la enseñanza en las universidades de Castilla y León, fruto de las cuales es el presente trabajo.

La experiencia docente aquí descrita nace desde la necesidad de adaptarse al nuevo sistema educativo superior, donde el papel del alumno pasa a un primer plano y es el alumno quien se convierte en el motor de su propio aprendizaje, y está concebida como una nueva forma de enfocar el aprendizaje del alumno además de probar nuevos métodos para su evaluación, todo ello dentro de los criterios de la convergencia europea. Por otro lado, el sistema de transferencia y acumulación de créditos (CAT) para toda Europa, teniendo en cuenta los diferentes tipos de experiencia y entornos de aprendizaje, permitirá diseñar un curriculum determinando la cantidad de esfuerzo necesaria por parte del estudiante para alcanzar los resultados especificados. Parece por lo tanto prudente pensar seriamente en la relación que existe entre la cantidad de horas que el estudiante va a trabajar y un número determinado de resultados preestablecidos. La transformación del sistema actual de créditos al futuro ECTS [2], que supone un enfoque de la enseñanza completamente novedoso, va a exigir fundamentalmente un cambio radical de mentalidad por parte del docente y del alumno. La asignación de créditos a las asignaturas es solamente un aspecto del proceso global de implantación de un sistema de créditos europeos (ECTS) que por sí mismos no pueden indicar ni el nivel con que se concluye satisfactoriamente un trabajo. Por tanto, se hace necesaria nueva forma de cuantificar el trabajo desarrollado por el alumno así como diseñar procedimientos objetivos para dicha cuantificación [3].

2. Objetivos

El objetivo de la experiencia ha sido adaptar el desarrollo de la asignatura de "Arquitectura e Ingeniería de Computadores" dentro del marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). La asignatura pertenece al 4º curso de la titulación conducente al título de Ingeniero Informático y de acuerdo con el sistema actual se imparte con una duración de 9 créditos, 6 créditos teóricos y 3 créditos prácticos. En principio, esta duración representa la carga lectiva que el alumno debe superar, y simplemente corresponde a 60 horas de asistencia a clases teóricas y a 30 horas de clases prácticas. Sin

embargo, el sistema de crédito europeo (ECTS) no contempla exclusivamente la asistencia a clase, sino que computa el esfuerzo global que el alumno dedica al aprendizaje de la asignatura. Es por tanto otro objetivo de la experiencia estimar dicho esfuerzo, para lo que se necesita tomar en consideración y medir el tiempo dedicado por el alumno al estudio, a la realización de trabajos, y además también es necesario contabilizar el tiempo que implica su evaluación, es decir, corrección de trabajos, exámenes, etc.

3. Desarrollo de la experiencia

Queremos enfatizar que la metodología propuesta pretende lograr un marco de transición no traumática entre el modelo actual y el modelo enmarcado en el próximo espacio europeo de educación superior, tanto desde el punto de vista del alumno como del profesor. Para ello se plantea una experiencia docente que combina el sistema basado en la clase magistral y un examen escrito tradicional, con la realización de trabajos guiados evaluables de forma continua y elaborados de forma paralela a la adquisición de los conocimientos teóricos necesarios, todo ello dentro del marco administrativo y académico actual. El número de alumnos matriculados en la asignatura es un factor clave a la hora de abordar cualquier experiencia de este tipo, ya que un número elevado de alumnos puede provocar que la experiencia sea inviable, mientras que un número muy pequeño puede producir un falseo de los datos. En nuestro caso el número de alumnos matriculados durante el presente curso 2005/06 ha sido de 45 alumnos, que a primera vista resulta ser un número adecuado para realizar la experiencia. Administrativamente todos los alumnos están asignados a un mismo grupo. Al comienzo del curso se informó a la totalidad del grupo la posibilidad de superar la asignatura siguiendo dos itinerarios distintos, uno tradicional de asistencia a clases teóricas y prácticas, y otro alternativo con asistencia a un mínimo de clases y realización de trabajos evaluables. A su vez, se informa de que se puede optar por una de las dos vías con la posibilidad de cambiar de línea en cualquier momento del curso y conservando las calificaciones conseguidas hasta ese momento. Esta opción es la que hemos denominado modelo mixto.

El modelo que hemos denominado tradicional consiste en el desarrollo de la materia dentro del sistema educativo actual, donde cada asignatura tiene asignada una determinada duración o créditos. Cabe destacar que esta duración corresponde a su vez con la carga docente asignada al profesor que imparte la materia. En el caso de la asignatura de “Arquitectura e Ingeniería de Computadores” son 9 créditos, que corresponden a 90 horas repartidas entre clases teóricas y clases prácticas. El contenido y evaluación de ambas partes sigue la estructura habitual y bien conocida en la que se separan los contenidos prácticos de los teóricos, a saber:

PARTE TEÓRICA: 60 horas de clase magistral incluyendo el uso de nuevas tecnologías: presentaciones mediante cañón de vídeo, acceso a información a través de Internet... La evaluación de esta parte se realiza mediante un examen teórico al final del cuatrimestre: cuestiones de carácter teórico y teórico-práctico.

PARTE PRÁCTICA: 30 horas de prácticas en laboratorio. Las prácticas están formadas por un curso básico de programación paralela no evaluable de 12 horas; un curso avanzado evaluable de programación paralela de 10 horas; 8 horas de actividades complementarias evaluables.

De este modo, la asignatura en su conjunto (parte teórica y parte práctica) se aprueba superando cada una de las partes.

Pasamos entonces a describir la alternativa que se les presenta a los alumnos al comienzo del curso. El modelo orientado a la convergencia europea implica al alumno de manera que se convierte en el motor de su propio aprendizaje. La experiencia que hemos desarrollado tiene además como característica principal que está enmarcada dentro del sistema actual, es decir, en el ámbito administrativo disponemos de las aulas y laboratorios habituales, lo que nos ha permitido probar de forma no traumática una adaptación al EEES. De este modo, la distribución temporal de la asignatura se ha mantenido en las 90 horas asignadas en los planes de estudio, repartidas entre clases teóricas y prácticas. El contenido y evaluación de cada una de las partes es el siguiente:

PARTE TEÓRICA: Se dedican 40 horas de clase magistral para la introducción de conocimientos básicos. Las clases no están concentradas sino que están distribuidas a lo largo del cuatrimestre. Este tiempo se puede entender como un tiempo dedicado a seminarios donde se imparten los conocimientos necesarios para que el alumno adquiera la capacidad de poder iniciar y continuar un trabajo. Esto nos lleva al siguiente aspecto, que es la realización de trabajos prácticos de aplicación de los conocimientos recibidos, evaluables punto por punto pero con un objetivo final, es decir, que el trabajo debe ser autoconsistente. Estos trabajos responden a una oferta elaborada por el profesor o bien pueden ser propuestos por los alumnos, contando con el visto bueno del profesor. Un posible ejemplo de trabajo práctico que puede desarrollar un alumno sería el estudio de un *supercomputador X*, destacando cinco puntos o bloques evaluables que pueden ser el estudio del procesador, el estudio del sistema de memoria, el estudio del sistema de interconexión, el estudio del software y por último la presentación del trabajo. Del tiempo asignado a la asignatura, se dispone de 20 horas para la presentación pública de trabajos al final del cuatrimestre.

PARTE PRÁCTICA: El contenido práctico de la asignatura consiste en un curso básico de programación paralela no evaluable de 12 horas. Superado este curso el alumno debe adquirir la capacidad para desarrollar por sí mismo el resto de la parte práctica, que consiste en un curso avanzado evaluable de programación paralela de cinco prácticas. Cada práctica realizada correctamente y con un informe entregado sería contabilizada como un punto. Después del curso avanzado el alumno dispone de actividades complementarias evaluables propuestas por el profesor (o bien sugeridas por el alumno con el visto bueno del profesor) puntuables hasta cinco puntos de forma similar a los trabajos de la parte teórica de la asignatura.

Finalmente, la asignatura en su conjunto (parte teórica y parte práctica) se aprueba superando cada una de las partes de forma independiente.

En la actualidad los alumnos tienen la posibilidad, al inicio del cuatrimestre, de decantarse por cualquiera de las dos posibilidades descritas. La existencia de un modelo mixto consiste en que, en caso de haberse decantado por el modelo convergente, el alumno puede retornar al modelo tradicional en cualquier momento. Las puntuaciones obtenidas hasta ese instante como fruto del trabajo elaborado se le mantienen, siendo evaluado sobre la parte restante en el examen teórico final.

3.1 El cluster

Como se ha dicho anteriormente, uno de los objetivos que se pretende alcanzar dentro del modelo o vía orientada a la convergencia europea es que el alumno sea su propio motor de aprendizaje. Esto implica un cambio en el modelo actual de docencia en el que el profesor figura como mero transmisor del saber y en el que el proceso de aprendizaje consiste en el simple hecho de reproducir y almacenar información. Este cambio se debe reflejar por un lado en la asunción de nuevos roles por parte del profesor y por otro, en que el alumno debe desarrollar su capacidad para aprender marcándose sus propios límites, es decir, aprendiendo a buscar y construir el conocimiento. Con estos objetivos en mente, se presentó a los alumnos dentro del modelo propuesto orientado a la convergencia europea, la opción de realizar trabajo final para la evaluación de la parte práctica que consistía en medir el rendimiento de un cluster de computadores. La medida de dicho rendimiento se realiza a partir del cálculo del producto de dos matrices. Para ello, los alumnos deben programar su propio código para la multiplicación de matrices (en lenguaje C o FORTRAN) utilizando como herramienta el sistema MPI (*interfaz de paso de mensajes*) [4] y además decidir el reparto de trabajo entre las diferentes máquinas que conforman el cluster. De este modo, los alumnos analizan no sólo la eficiencia de cluster comparando los tiempos de ejecución, sino que también ponen a prueba su capacidad para generar un código eficiente al compararlo con los resultados del tiempo de ejecución de otros compañeros. Este hecho de analizar los resultados obtenidos y de preguntarse por la diferencia entre unos y otros, implica al alumno en el mencionado proceso de búsqueda del conocimiento.

Para la ejecución de este trabajo, los alumnos disponen de un el cluster formado por 6 equipos PC (ubicados en el laboratorio del área de Tecnología Electrónica) conectados mediante fast ethernet a

100 Mbps con un switch 10/100. Los alumnos tienen la opción de utilizar como sistema operativo para sus pruebas Linux o bien Windows, sin que la elección que mejor se adapte a su forma de trabajar influya esencialmente en los resultados obtenidos. El reparto de trabajo entre las diferentes máquinas se realiza utilizando como herramienta el sistema MPI. La implementación MPI es diferente según sea el sistema operativo empleado. Así, para los sistemas operando bajo Windows se ha utilizado la implementación MPICH [5]. El programa de instalación proporciona una serie de utilidades de las cuales la principal es MPIRUN, que se trata de una interfaz gráfica (figura 1) que permite al usuario lanzar las aplicaciones creadas. Por otro lado, en los sistemas bajo Linux se ha utilizado la implementación LAM-MPI [6], que dispone de utilidades similares a la anterior y que del mismo modo permiten lanzar las aplicaciones creadas entre las diferentes máquinas del cluster.

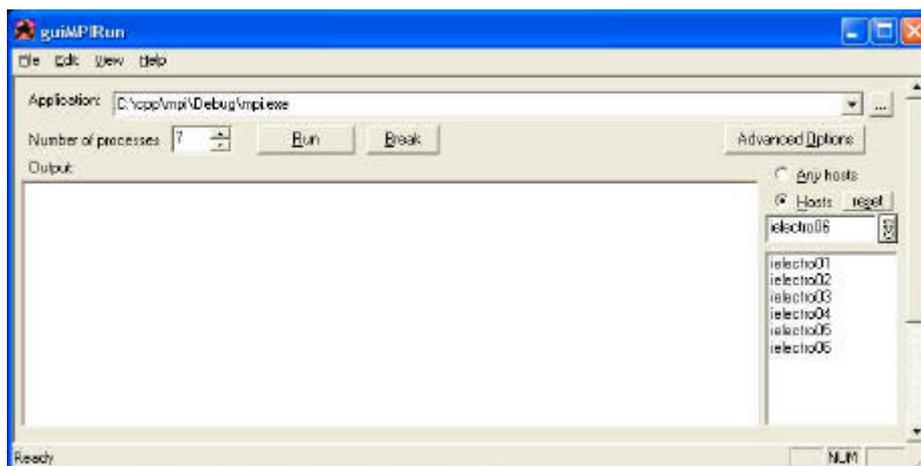


Figura 1. Interfaz gráfica de la aplicación MPIRUN. Desde esta ventana se puede especificar el nombre de la aplicación que se quiere ejecutar, el número de procesos a lanzar y las máquinas sobre las que se quiere realizar el cálculo.

Para obtener los datos del rendimiento, cada alumno (o grupo formado por dos alumnos) debe realizar una batería de pruebas consistentes en la multiplicación de dos matrices cuadradas de tamaño definible en tiempo de ejecución. Los tamaños sugeridos para la comparativa son de 1000×1000 , 2000×2000 y 3000×3000 . A su vez, este cálculo se debe distribuir entre las diferentes máquinas del cluster. De este modo, para cada tamaño de matriz, el cálculo de la multiplicación se realiza primero en una máquina, luego en dos, así hasta repartirlo entre las 6 máquinas disponibles en el laboratorio.

4. Resultados

Uno de los objetivos primordiales de esta experiencia consistía en probar y analizar un modelo de enseñanza adaptado a los criterios del proceso de convergencia europea. El requisito fundamental era que esta puesta en marcha no supusiera cambios en la organización habitual del curso, de manera que contando con los mismos medios materiales y humanos, y con la misma estructura administrativa (reserva de aulas, horarios disponibles, etc.), se pudiera llevar a cabo. Como primer resultado de la experiencia podemos destacar la buena acogida inicial por parte de los alumnos que tuvo la propuesta. Al parecer, el hecho de que los propios alumnos pudieran controlar su ritmo de aprendizaje ha sido una idea en principio motivante para ellos. Sin embargo, el desconocimiento natural por parte del alumno de lo que podía ser el resultado final de su evaluación en la asignatura hizo que sólo 6 alumnos de los 45 matriculados (13%) optaran por el método “convergente”, y un alumno se decantara por el modelo mixto (esto es, presentarse al examen de evaluación final pero con los puntos conseguidos hasta ese momento por la otro vía). Con el fin de ilustrar el desarrollo de la experiencia con otros datos numéricos, se puede decir que la relación entre alumnos presentados al examen teórico y alumnos matriculados correspondiente a la convocatoria de febrero de 2006 fue de 27/45 (60% de alumnos presentados). No obstante, este dato no se puede considerar excesivamente relevante dado que muchos

alumnos se encuentran compatibilizando estudios y trabajo (generalmente en régimen de prácticas en empresa), de manera que se penaliza claramente esta estadística. Sobre los 27 alumnos presentados, el número de aprobados ha sido de 23 (85% de los alumnos presentados), siendo 6 de esos 23 aprobados (26% de los aprobados) los alumnos han seguido la vía del trabajo guiado (modelo convergente). También se puede destacar que la calificación final obtenida por los alumnos que han seguido exclusivamente la vía del trabajo guiado se ha situado entre el 6 y el 8,25, siendo la nota media del curso 6,50, es decir, resultados por encima de la nota media.

Otro de los objetivos de la experiencia consistía en estimar de forma aproximada el esfuerzo que el alumno dedica al aprendizaje de la asignatura. Este cálculo se ha llevado a cabo preguntando directamente a los alumnos a través de una encuesta el tiempo dedicado a preparar el examen teórico, el examen práctico, el trabajo teórico, el trabajo práctico e incluyendo además el tiempo dedicado a la asistencia a las clases teóricas y prácticas. Así, a partir del tiempo total que un alumno ha considerado necesario dedicar a la asignatura para superarla, podemos obtener una aproximación de su equivalente en créditos ECTS. Utilizando el valor medio de los datos obtenidos, tenemos que el valor de la asignatura en créditos ECTS está situado entre 5 y 4,25 créditos.

Desde el punto de vista del trabajo desarrollado por los alumnos en la parte práctica, 24 de los 45 alumnos matriculados (53%) ha optado por el modelo orientado a la convergencia europea. En este aspecto se observa un buen nivel en la consecución de los objetivos, ya que en este curso un 75% de los alumnos que han seguido las prácticas han logrado completar los objetivos básicos que esta vía “convergente” les proponía. El trabajo final para la evaluación de la parte práctica, que consistía en medir el rendimiento de un cluster de computadores, ha llevado a los alumnos a alcanzar un buen nivel de satisfacción personal al observar cómo un adecuado reparto del trabajo entre varias máquinas mejora el rendimiento, y también el conocer las causas de que esto ocurra en unas circunstancias y no en otras. La medida del rendimiento del cluster de computadores ha obligado a los alumnos a generar gráficas de rendimiento del sistema como la mostrada en la figura 2, donde se observan diferentes tendencias en el tiempo de ejecución dependiendo del número de máquinas incluidas en el cluster. Con los datos obtenidos, los alumnos debían ser capaces de responder a cuestiones tales como evaluar el grado de acercamiento de la aplicación desarrollada a los máximos posibles, evaluar la eficiencia, utilización, redundancia y calidad del sistema, analizar el alejamiento del rendimiento obtenido del máximo teórico alcanzable, estimar las causas de la desviación observada, describir qué aspectos se deberían optimizar para obtener un mayor rendimiento, etc.

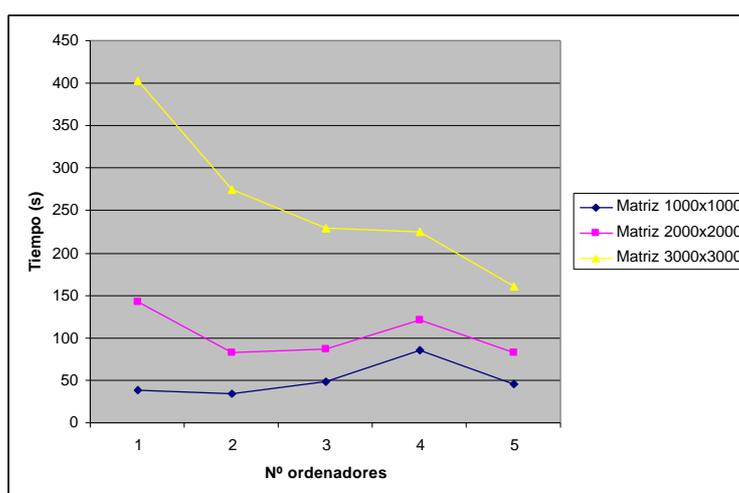


Figura 2. Gráfica de rendimiento obtenida por uno de los alumnos de la experiencia. La gráfica representa el tiempo de ejecución empleado en el cálculo de la multiplicación de dos matrices utilizando diferente número de máquinas.

Este trabajo propuesto en la parte práctica debe servir de guía al alumno para la consecución del objetivo último de esta experiencia, que no es otro que el que el alumno sea su propio motor de aprendizaje, y que el alumno desarrolle su capacidad para aprender, es decir, que aprenda a buscar y construir el conocimiento.

En el plano de la convergencia hacia los créditos ECTS, cabe resaltar que un planteamiento en el que se le propone al alumno objetivos sencillos que se evalúan de forma continuada y consecutiva, permite asociar de forma objetiva el esfuerzo invertido por el alumno, con una calificación que crece proporcionalmente a dicho esfuerzo hasta permitirle superar la asignatura.

5. Conclusiones

Hay que comentar que la mayoría de los alumnos han optado por la vía propuesta en la parte práctica de la asignatura y la han completado con éxito. Solamente dificultades materiales para proporcionarles un horario más amplio de acceso al laboratorio han impedido que buena parte de los alumnos no hayan alcanzado calificaciones más altas por esta vía. No obstante su motivación ha quedado de manifiesto desde el momento en que no han renunciado a presentarse al examen tradicional de prácticas para mejorar su calificación en este apartado de la asignatura.

Son precisamente estas dificultades materiales las que nos permiten entrever los problemas que la futura implantación de los créditos ECTS y por ende, la necesidad de que todos los alumnos puedan y deban completar su formación en la forma en que estamos proponiendo, va a introducir en nuestra organización docente.

En este caso concreto, se deberá disponer de un horario de laboratorio más amplio, lo cual es difícilmente compatible con la actual coincidencia en instalaciones con muchas otras asignaturas. Así mismo, será necesario contar con personal, docente o no, que se encuentre a cargo de las instalaciones en este horario.

Agradecimientos

Esta experiencia ha recibido el apoyo económico de la Junta de Castilla y León, dentro la convocatoria de recursos de apoyo orientados a la convergencia europea, y no podría haberse realizado sin la colaboración desinteresada de todos los profesores del área de Tecnología Electrónica de la Universidad de Burgos.

Referencias

- [1] Universidad de Deusto. *Proyecto Tuning Educational Structures in Europe*. Disponible en: <http://tuning.unideusto.org/tuningeu/>.
- [2] Unión Europea. *Guía del usuario ECTS*. Disponible en: http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects/index_en.html.
- [3] ANECA. *Créditos ECTS y métodos para su asignación*. Disponible en: http://www.aneca.es/modal_eval/convergencia_bolonia.html.
- [4] William Gropp, Ewing Lusk, and Anthony Skjellum. *Using MPI: Portable Parallel Programming with the Message Passing Interface*, 2nd edition. MIT Press, Cambridge, MA, (1999).
- [5] William D. Gropp and Barry Smith. *Chameleon parallel programming tools users manual*. Technical Report ANL-93/23, Argonne National Laboratory, Argonne, IL, March (1993).
- [6] Sriram Sankaran, Jeffrey M. Squyres, Brian Barrett, and Andrew Lumsdaine. *Checkpoint-restart support system services interface (SSI) modules for LAM/MPI*. Technical Report TR578, Indiana University, Computer Science Department (2003).