

Propuestas para la mejora de la calidad de los proyectos de fin de carrera en Ingeniería Informática

José R. Hilera, José A. Gutiérrez de Mesa

Dpto. de Ciencias de la Computación

Universidad de Alcalá

28871 Alcalá de Henares

e-mail: {jose.hilera,jantonio.gutierrez}@uah.es

Resumen

Se presentan sugerencias a tener en cuenta en el último curso de la titulación de Ingeniero en Informática, con el fin de preparar adecuadamente al alumno para la elaboración de un proyecto de fin de carrera de calidad, aprendiendo de los errores y aciertos de los egresados de promociones anteriores. Se propone enseñar a los alumnos a preparar y exponer en público un anteproyecto de trabajo fin de carrera, y a evaluar la calidad de proyectos ya presentados. Se analizan los resultados de la aplicación de estas propuestas en la Universidad de Alcalá durante el curso académico 2004-2005.

1. Introducción

La elaboración de un trabajo de fin de carrera es un requisito exigido actualmente por la mayoría de las universidades para la obtención del título de Ingeniero o Ingeniero Técnico en Informática. En el caso de la Ingeniería en Informática, es habitual que las universidades asignen parte o la totalidad de los créditos, todos ellos de carácter práctico, de la materia troncal "Sistemas Informáticos" a dicho trabajo. Cuando se asigna sólo una parte del número de estos créditos al trabajo en sí, se suele vincular el resto a alguna asignatura práctica en la que se enseña a los alumnos a elaborar el trabajo.

En este artículo se presentan propuestas para mejorar la calidad de estos proyectos, considerando como requisito previo la necesidad de disponer en el Plan de Estudios de una asignatura de, al menos, seis créditos con carácter troncal u obligatorio, con el objetivo de enseñar a los alumnos a realizar el proyecto. Estas propuestas se han llevado a la práctica durante el curso 2004-2005 en la Universidad de Alcalá, en

la que el Plan de Estudios de Ingeniero en Informática establece una división de los quince créditos de la materia troncal "Sistemas Informáticos": en una asignatura de seis créditos denominada de la misma forma que la materia, y otra que corresponde al propio "Proyecto Fin de Carrera", con una asignación de nueve créditos [1].

Las recomendaciones que se presentan en este artículo se han aplicado en la primera de estas dos asignaturas, con la que se ha pretendido y, en nuestra opinión, se ha conseguido, motivar a los alumnos, no sólo para que realicen su proyecto de fin de carrera, sino que además lo hagan con un nivel adecuado de calidad. Con todo ello se trata también de evitar, en lo posible, la situación habitual en la universidad de la existencia de alumnos no titulados a falta del proyecto.

Para garantizar la utilidad de una asignatura como la que se propone, uno de sus objetivos iniciales debe ser el que los alumnos, al finalizar la misma, demuestren que se encuentran en condiciones de elaborar una propuesta de trabajo fin de carrera realista y susceptible de ser aprobado como anteproyecto por un departamento de la Universidad.

Debido a la limitación de tiempo que se prevé para una asignatura como la indicada (en principio, seis créditos), y teniendo en cuenta que la realización del proyecto estaría contemplada en otra asignatura del Plan de Estudios, en ésta se debería establecer como segundo objetivo principal el conseguir que, una vez cursada, los alumnos se encuentren en situación de poder llevar a cabo su propio proyecto. Para ello, creemos que es conveniente inculcar a los alumnos la necesidad de que los trabajos satisfagan unos requisitos básicos necesarios para garantizar su calidad. Para demostrar que se han entendido estos principios en los que han de basarse los proyectos, se propone que los alumnos

realicen una crítica constructiva y objetiva de un proyecto realizado por algún alumno ya titulado en una promoción anterior, evaluando diferentes aspectos de calidad del mismo, teniendo en cuenta, entre otras, las directrices de calidad de este tipo de proyectos enunciadas por expertos en la materia [2].

Como complemento a la asignatura, con el objetivo adicional de ayudar a los alumnos en la búsqueda de un tutor para su proyecto, y con el fin de unificar criterios de calidad entre el profesorado implicado, se propone también la impartición de un “Seminario de Dirección de Proyectos Fin de Carrera”, organizado por la Dirección del Centro, en el que, entre otras actividades, se discutan los requisitos de calidad exigibles a los proyectos, y se analicen las propuestas de proyecto de los alumnos sin tutor para, en su caso, asignarles como tutor un profesor interesado en la propuesta.

En los siguientes apartados se describe cómo se ha de articular una asignatura como la propuesta para dar respuesta a los objetivos de calidad planteados, tanto para los proyectos fin de carrera como para las propuestas o anteproyectos que han de elaborarse obligatoriamente. Finalmente, se ofrecerán las conclusiones de los profesores que hemos llevado a la práctica las sugerencias descritas durante el curso 2004-2005. Se puede adelantar que los resultados, en nuestra opinión, han sido muy positivos, teniendo en cuenta el interés manifestado por los alumnos en la materia, y la calidad de los trabajos prácticos realizados para la misma.

Aunque el artículo considera sólo el caso de la titulación de Ingeniero en Informática, las propuestas podrían extenderse también, con algunas matizaciones, a las Ingenierías Técnicas en Informática; en cuyo caso, sería necesario que en los planes de estudio se incluyera una asignatura de carácter obligatorio similar a la aquí analizada, ya que en las directrices de troncalidad de estas titulaciones no existe una materia comparable a la de “Sistemas Informáticos” del segundo ciclo.

2. Enseñar a elaborar un anteproyecto de trabajo de fin de carrera

Cuando un alumno se plantea la realización de un proyecto fin de carrera, en primer lugar debe

decidir el tema sobre el que le interesaría que tratara. Esto, por si mismo, constituye un problema, porque suele ser habitual que el alumno tenga dificultades para encontrar un tema adecuado para su trabajo. Este problema puede reducirse, en parte, por la oferta de proyectos que publican los departamentos; aunque generalmente la oferta no puede cubrir la demanda existente.

Por ello, es conveniente dedicar parte de las horas de la asignatura que en el plan de estudios esté destinada a la preparación del proyecto, al análisis de diferentes tipos de proyectos susceptibles de ser desarrollados. En este sentido, se ha comprobado la utilidad de llevar a cabo sesiones conjuntas tipo “tormenta de ideas”, y sesiones con profesores de diferentes áreas de conocimiento para sugerir diferentes temas de interés para los proyectos.

Una vez que se tiene una idea sobre lo que versará el proyecto, ésta debe plasmarse en una propuesta o anteproyecto, tal y como exigen normalmente las normativas sobre proyectos en cada universidad. De nuevo el estudiante se encuentra con la dificultad de carecer de la formación adecuada para elaborar un anteproyecto de suficiente nivel, como para ser presentado como tal ante cualquier profesor o departamento que deba decidir si asume la dirección del mismo.

Es necesario, por tanto, dedicar una asignatura a la enseñanza de las directrices a tener en cuenta a la hora de elaborar una propuesta, como las enunciadas en [2]. Además, el hecho de verse obligados a plasmar por escrito sus ideas, cumpliendo unos requisitos establecidos previamente sobre los apartados a incluir en la misma: antecedentes, objetivos, metodología, etc.; puede, en muchos casos, llevar a al alumno a reconsiderar la conveniencia de analizar con más detalle o cambiar el tema inicialmente elegido.

Esto suele ocurrir cuando se exige realizar una revisión bibliográfica sobre la materia del proyecto, y al hacerlo se concluye que realmente no existe una masa crítica suficiente en ese campo como para considerarlo tema central del proyecto. Tal sería el caso, por ejemplo, de una hipotética propuesta de “Desarrollo de un sistema de gestión de alquileres de películas de vídeo”, siendo difícil encontrar referencias bibliográficas en este campo que ofrezcan una base científica suficiente en la que apoyar la propuesta; sobre todo, en el caso de proyectos para una titulación de segundo ciclo, como es la de Ingeniero en Informática.

Para que el alumno pueda ser capaz de elaborar un anteproyecto de calidad, deben dedicarse algunas sesiones a la enseñanza de los principios que deben guiar la preparación de la propuesta, y a la forma de presentarla ante la audiencia que ha de valorarla. En este sentido, se recomienda que todas las propuestas incluyan los siguientes apartados:

- *Introducción.* Con un mínimo de treinta líneas, debe incluir una breve revisión bibliográfica que permita obtener una visión general del contexto en el que se enmarcará el trabajo. En este apartado se deben incluir, al menos cinco referencias bibliográficas. Se ha comprobado que éste es un número suficiente para demostrar la entidad académica del proyecto, ya que ello indicaría que realmente existe un contexto científico en el que basar el proyecto.
- *Objetivos.* Al menos debería formularse un objetivo general o propósito del proyecto y un mínimo de cinco objetivos específicos. Por su importancia, es preciso dedicar el tiempo necesario de la asignatura para enseñar a los alumnos a formular objetivos, a través de ejemplos y explicando las recomendaciones de expertos, como las recogidas en [2,3].
- *Resultados.* El autor del anteproyecto debe indicar en este apartado que el principal resultado de la realización del proyecto será un informe o memoria del trabajo realizado. También se han de enumerar otros resultados que se ha previsto obtener, como prototipos software o hardware, resaltando que se incluirá la documentación de ingeniería correspondiente al desarrollo de tales prototipos.
- *Metodología.* Se indicará el método a seguir en la realización del trabajo, las actividades previstas y las técnicas a utilizar. Si se va a aplicar una metodología de ingeniería (por ejemplo, del software) para el desarrollo de algún componente o prototipo hardware o software, debe justificarse la conveniencia de seguir dicha metodología en el caso particular del proyecto propuesto.
- *Recursos.* En este apartado se debe indicar todo aquello que se precise para llevar a cabo el trabajo fin de carrera, incluidos los recursos software y hardware; así como estándares u otros documentos que se consideren necesarios. También se debe indicar si hará falta tener acceso a determinados servicios o instalaciones de la Universidad u otras instituciones.
- *Bibliografía.* La propuesta de trabajo fin de carrera debe incluir, en el apartado de introducción, una breve revisión bibliográfica sobre el tema tratado; por lo que es necesaria la existencia de este apartado para enumerar las obras citadas, tanto en la introducción, como a lo largo del resto del anteproyecto. Debe incluir un listado de, al menos, diez obras relacionadas con la materia y, al menos, cinco de ellas deben ser citadas a lo largo del anteproyecto. Es conveniente que el alumno se acostumbre a citar y referencia las obras con rigor científico, por lo que se exigirá que se utilice un formato normalizado, como el establecido por el método Harvard [4].
- *Planificación.* El último apartado de la propuesta que debe elaborar el alumno corresponde a la planificación inicial del proyecto. Es lógico pensar que debido a la inexperiencia del alumno, sólo sea un punto de partida que habría que ajustar a lo largo de la ejecución del proyecto. Sin embargo, es conveniente forzar al alumno a plantearse un plazo de tiempo limitado para su trabajo, y tratar de ajustar las tareas previstas al tiempo disponible. La planificación se debe presentar en forma de Diagrama de Gantt.

Una vez explicados al alumno los contenidos que debe incluir una propuesta de proyecto fin de carrera, debe plantearse como actividad práctica la elaboración y exposición de un anteproyecto que cumpla los requisitos anteriores.

En relación con el documento a presentar, es muy conveniente que el alumno se acostumbre a trabajar de una forma disciplinada, por lo que debería exigirse la utilización de una plantilla como las usadas habitualmente en la publicación de trabajos de carácter científico, como el de LNCS [5]. No se debería admitir ningún anteproyecto que no cumpla el formato establecido por la plantilla. Como ingeniero, en el futuro estará obligado a aplicar y documentar formalmente métodos de ingeniería, de control de calidad, de comunicación técnica, etc., y el ajustarse ahora a una norma tan elemental como

es la plantilla de un documento, puede ser un punto de partida.

Respecto a la exposición de la propuesta de proyecto elaborada como trabajo práctico, el profesor ha de programar sesiones para que, en un tiempo no superior a quince minutos, cada alumno exponga su anteproyecto al resto de alumnos. Para ello, también debe exigirse la preparación de una presentación con diapositivas, con no más de doce diapositivas, teniendo en cuenta la limitación del tiempo de exposición.

Para que el alumno sea capaz de elaborar y exponer una presentación de calidad, previamente se ha de dedicar, al menos, una sesión de clase a la explicación de algunas recomendaciones sobre la forma de estructurarla y sobre la forma de realizar una exposición pública de las ideas que el un alumno ha recogido en su anteproyecto. Después de la exposición de cada alumno, el profesor debe informar al ponente de los errores que ha cometido para evitarlos en presentaciones futuras. Cuando haya alumnos interesados en depurar en profundidad su estilo de presentación, se debería realizar la grabación de la exposición con una cámara de vídeo digital y proporcionar el archivo al interesado para su posterior visionado.

Todas estas actividades previstas, en relación con la elaboración y exposición de un anteproyecto, no deberían suponer más de 30 horas presenciales (3 créditos), es decir la mitad del tiempo disponible para toda la asignatura. Se podrían dedicar 14 horas a las sesiones de explicación de los fundamentos básicos (7 sesiones de 2 horas), 8 horas a las sesiones prácticas de elaboración de los anteproyectos (4 sesiones de 2 horas), y 8 horas a las exposiciones, teniendo en cuenta grupos de 25 alumnos y dedicando 15 minutos a cada exposición. Por supuesto, la elaboración del anteproyecto puede suponer, a algunos alumnos, una mayor dedicación, por lo que puede necesitarse algo de tiempo adicional de trabajo personal del alumno fuera de clase.

3. Enseñar a evaluar un proyecto de fin de carrera

En una asignatura como la que aquí proponemos, que pretende la preparación del alumno para la elaboración de su proyecto fin de carrera, sería inviable contemplar también la realización del

proyecto en sí, debido a las limitaciones de tiempo y porque, como se indicó anteriormente, debería existir otra asignatura del segundo cuatrimestre del último curso, cuyos créditos serían los correspondientes al proyecto.

En lugar de ello, lo que se propone es enseñar a los alumnos a evaluar un trabajo de fin de carrera presentado por él mismo, si dispone de la titulación de Ingeniero Técnico, o por otro estudiante de una promoción anterior. Se trata de aprender de los aciertos y errores cometidos en trabajos ya realizados.

Por tanto, la segunda parte de la asignatura propuesta debe dedicarse a la explicación, por el profesor, de las directrices generales que han de tenerse en cuenta en la elaboración de un proyecto académico de fin de estudios, como las que se recogen en [2]; y la realización, por parte del alumno, de un trabajo práctico consistente en la redacción de un informe de evaluación sobre un proyecto fin de carrera ya presentado y aprobado.

Es necesario que el alumno entienda que dicho informe no debe ser una mera descripción del trabajo fin de carrera elegido, ya que el objetivo de la práctica es la realización de una crítica constructiva del trabajo, que incluya propuestas de sugerencias de mejora del mismo.

Como ya se ha dicho, los alumnos que posean la titulación de Ingeniero Técnico en Informática, deben hacer la evaluación del trabajo fin de carrera presentado para obtener dicha titulación. Para el resto de alumnos, se debe poner a su disposición diferentes trabajos para realizar la evaluación sobre aquel que elijan.

En cuanto a la estructura del informe de evaluación, proponemos que sea la siguiente:

1. *Introducción.* En este apartado el alumno debe explicar que se trata de un informe de evaluación de un trabajo fin de carrera, indicando la titulación para la que se presentó el trabajo, el título del mismo y la fecha de examen. Si el trabajo fue elaborado por el propio autor de la práctica, deberá indicarse. También se describirán las características básicas del trabajo evaluado, como el número de páginas, si incluye el código fuente, si se compone de uno o varios volúmenes, si tiene varios autores, el tipo de proyecto de que se trata, si incluye material electrónico anexo, etc.

2. *Evaluación de la estructura del trabajo.* En este apartado el autor del informe debe valorar si el trabajo está adecuadamente estructurado: si, al menos, incluye un resumen, un índice con las páginas de cada apartado, un glosario de términos, un índice de figuras, etc. También se deberá analizar si el estilo es uniforme a lo largo del documento (títulos, tipo de letra, encabezados, etc.) y si las páginas están correctamente numeradas.
3. *Evaluación del contenido del trabajo.* En este apartado se recogerá el resultado de la evaluación del contenido del trabajo. Se debe estructurar en los siguientes subapartados:
- *Planteamiento del problema.* El autor del informe ha de valor la calidad de la presentación del problema a resolver, así como de la revisión bibliográfica realizada.
 - *Formulación de objetivos.* Se analizará si se han formulado objetivos generales y específicos, y si en el trabajo se confirma explícitamente la consecución de los objetivos planteados tras la realización del mismo.
 - *Metodología aplicada.* Se indicará si en el documento se pone de manifiesto, de forma explícita, que se ha seguido una metodología concreta para su realización, o si ello puede deducirse implícitamente, determinado si se han elaborado los documentos y/o productos previstos en las actividades que constituyen dicha metodología. En este apartado también se indicará si en proyecto incluye la planificación inicialmente prevista y las desviaciones que se han producido durante su ejecución. Lo mismo se debe hacer con respecto a la estimación de costes del proyecto.
 - *Documentación de ingeniería.* En este apartado se reflejará el resultado del análisis de calidad de la documentación de requisitos, diseño, pruebas, etc., tanto del desarrollo software realizado, como del desarrollo del hardware, en su caso. En el caso del software, se debe valorar la calidad/legibilidad de la documentación del código fuente (prólogos, comentarios, nombres de variables, etc.) desde el punto de vista del posterior mantenimiento del mismo.
- *Bibliografía.* Deberá realizarse la crítica, tanto de las citas bibliográficas incluidas en el trabajo, como de la enumeración de las referencias en un capítulo dedicado expresamente a la bibliografía. También se valorará si el número de citas es suficiente, si se ha utilizado algún sistema de citar referencias (como el sistema de Harvard o el sistema Vancouver), etc.
 - *Presentación de resultados y conclusiones.* Se comprobará si el autor del trabajo fin de carrera ha reflejado claramente en el documento los resultados obtenidos al realizar su proyecto y las conclusiones derivadas del mismo. Se valorará también la existencia de sugerencias en cuanto a posibles ampliaciones del trabajo. En relación con la presentación de resultados, en este apartado también se debe valorará la adecuación de las técnicas de presentación de datos utilizadas: gráficos, listados, etc., sugiriendo, en su caso, alguna alternativa para la presentación de determinada información.
4. *Conclusiones de la evaluación.* En este apartado, el alumno deber manifestar sus opiniones, justificadas, acerca de la calidad del trabajo fin de carrera evaluado. Para apoyar sus conclusiones se puede hacer referencia a los contenidos de los apartados previos del informe. Entre las conclusiones se debe hacer referencia al nivel de claridad expositiva del proyecto en lo que se refiere a su legibilidad y comprensión por parte de un lector del mismo. En este apartado se debe realizar crítica constructiva del trabajo fin de carrera, que incluya la propuesta de sugerencias de mejoras del mismo. Opcionalmente, se podrá proponer una calificación numérica, entre 0 y 10, que represente la valoración del trabajo fin de carrera.
- Como ocurría con la elaboración del anteproyecto prevista en la primera parte de la asignatura, también es conveniente exigir al alumno un formato de informe determinado y unos mínimos en cuanto al tamaño de cada apartado del mismo. En este sentido, parece razonable mantener el formato de la práctica anterior, por ejemplo el de

LNCS de Springer [5]. En cuanto a los mínimos, pensamos que hay que dedicar al menos una página a cada apartado o subapartado del informe. Con el formato citado, el número mínimo de líneas exigido para completar una página sería de 40.

Al igual que ocurría con la primera práctica, las actividades previstas en relación con la elaboración del informe de evaluación también tendrían asignado un total de 30 horas presenciales (3 créditos). Se podrían dedicar 10 horas a la sesiones de explicación de la forma de hacerlo y 20 horas a su elaboración.

4. Conclusiones

La realización de un proyecto fin de carrera constituye un actividad formativa de gran importancia para la consolidación de los conocimientos adquiridos por los alumnos a lo largo de la sus estudios de ingeniería y para adquirir una destreza y unos hábitos de trabajo disciplinado que le serán útiles, tanto en su posterior actividad científica como profesional.

En la mayoría de los actuales Planes de Estudio de Ingeniero o Ingeniero Técnico en Informática implantados en España se exige su elaboración. También está prevista su posible existencia en las futuras titulaciones de grado, utilizándose en la legislación que regulará la adecuación de estos estudios al espacio europeo de educación superior, el término "proyecto de fin de carrera" [6]. Por ello, las recomendaciones que aquí hemos presentado pueden ser válidas tanto en la situación actual como en el futuro.

Estas propuestas han sido aplicadas con éxito en la Universidad de Alcalá durante el curso 2004-2005. Los resultados obtenidos han sido muy positivos. Se ha cumplido sobradamente el objetivo previsto para la asignatura troncal "Sistemas Informáticos" de la titulación de Ingeniero en Informática, que no era otro sino la preparación de los alumnos para la realización de proyectos fin de carrera de calidad.

La mayoría de los alumnos consideran que la asignatura les ha sido de gran utilidad como punto de partida para la elaboración de su proyecto. Tanto es así, que aquellos alumnos que ya disponían de la titulación de Ingeniero Técnico, han opinado que una asignatura de este tipo les habría facilitado mucho la labor de realización del

proyecto elaborado para obtener su titulación de origen.

Si analizamos los resultados obtenidos en cada una de las dos partes en la que se ha estructurado la asignatura, es importante destacar que a los profesores nos ha sorprendido, en relación con la primera parte en la que se trataba de elaborar una propuesta de proyecto de fin de carrera, la dificultad de los alumnos para cumplir las mínimas normas establecidas para el formato del anteproyecto.

Ha sido necesario admitir una segunda y, en determinados casos, una tercera versión del anteproyecto presentado, hasta conseguir que todos y cada uno de los alumnos hayan sido capaces de elaborar y exponer en público una propuesta de trabajo fin de carrera con la suficiente calidad como para ser presentada a cualquier departamento para su realización.

En cuanto a la segunda práctica, los profesores estamos, en general, muy satisfechos del nivel de los informes de evaluación. Los alumnos han entendido la necesidad de realizar una crítica constructiva de los proyectos de promociones anteriores con objeto de no cometer los mismos errores en sus propios proyectos. En este sentido, hay que destacar que, en la mayoría de los casos, la evaluación de los proyectos ha sido bastante "dura", pero a la vez constructiva, ya que los informes están repletos de sugerencias de mejoras de los proyectos evaluados.

Las evaluaciones has sido tan rigurosas que los alumnos, en general, y siempre teniendo en cuenta que la evaluación se ha limitado al contenido del documento original de cada proyecto, han propuesto una calificación de los trabajos evaluados inferior a la que éstos obtuvieron en su día cuando fueron examinados, incluso tratándose su propio trabajo fin de carrera, cuando el alumno provenía de una Ingeniería Técnica.

Para concluir, los profesores de la asignatura pensamos que el camino iniciado en este curso académico con la implantación de la asignatura descrita, es el camino más adecuado para mejorar la calidad de los futuros proyectos de fin de carrera. Solamente teniendo en cuenta lo rigurosos que han sido los alumnos con los proyectos evaluados de promociones anteriores, es de suponer que en el suyo propio, que han de elaborar a continuación, no cometan los mismos

errores que han criticado en otros. Al menos, ese era el objetivo inicialmente previsto.

En la siguiente dirección, se encuentran publicados algunos de los anteproyectos e informes de evaluación realizados por los alumnos durante el curso 2004-2005:

ftp://www.cc.uah.es/pub/Alumnos/1.INFORMATICA/Sistemas_Informaticos/

Referencias

- [1] “Resolución de 28 de junio de 2001, de la Universidad de Alcalá, por la que se ordena la publicación del Plan de Estudios de Ingeniero en Informática”. *Boletín Oficial del Estado*, no. 115, 26738-26751, 23 de julio, 2001.
- [2] Dawson, C.W., Martín, G. *El Proyecto Fin de Carrera en Ingeniería Informática: una guía para el estudiante*. Prentice-Hall, Madrid, 2002.
- [3] Turner, J.R.. *The Handbook of Project-Based Management*. McGraw-Hill, Londres, 1993.
- [4] *Harvard system: in-text references, reference lists and bibliographies*. Swinburne University of Technology, Australia, 2005. (http://www.swin.edu.au/lib/guides/harvard_system.pdf).
- [5] *Information for Lecture Notes on Computer Science Authors*. Springer, Berlín, 2004. (www.springer.com)
- [6] “Real Decreto 55/2005, de 21 de enero, por el que se establece la estructura de las enseñanzas universitarias y se regulan los estudios universitarios oficiales de Grado”. *Boletín Oficial del Estado*, no. 21, 2842-2846, 25 de enero, 2005.