

# Enseñanza Práctica de Ingeniería del Software Mediante la Colaboración de Alumnos de Diferentes Cursos

Javier Tuya, Isabel Sevilla, José R. de Diego, Claudio de la Riva  
Universidad de Oviedo,  
Dpto. de Informática, Area de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
Campus Universitario, 33203 - GIJON  
E-mail: [tuya@etsiig.uniovi.es](mailto:tuya@etsiig.uniovi.es)

*Resumen: Se presenta el contenido de las asignaturas de Ingeniería del Software correspondientes a la titulación de Ingeniero en Informática de la Universidad de Oviedo. Se describe fundamentalmente el modelo de prácticas que realizan los alumnos, en el que unos realizan la especificación de un producto y otros constituyen un equipo de calidad realizando revisiones del mismo.*

## 1. Introducción

En este artículo se presenta la estructura de las enseñanzas de Ingeniería del Software en el segundo ciclo de Ingeniería Informática de la Universidad de Oviedo, especialmente en lo que se refiere al componente práctico. Estas se imparten, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales e Informáticos de Gijón.

Las titulaciones en Informática son impartidas en dos escuelas de Ingeniería Técnica en Informática (primer ciclo) y otra Escuela Técnica Superior diferente donde solamente se imparte el segundo ciclo, además de otras titulaciones. El plan de estudios de segundo ciclo fue uno de los primeros en implantarse (1991) de acuerdo con las nuevas directrices propias para las titulaciones de Ingeniero en Informática, adoptando una filosofía de asignaturas anuales, la mayor parte de ellas de 9 créditos, sin diversificar el contenido de las materias troncales en asignaturas diferentes. Se incluyen los 18 créditos troncales en cuarto curso en la asignatura de Ingeniería del Software I (en adelante, IS1) más 9 créditos optativos en Ingeniería del Software II (en adelante, IS2). Además, existen otras asignaturas relacionadas, como la de Proyectos o Diseño de Sistemas de Información.

En lo que sigue se mostrará cómo las dos asignaturas (IS1 e IS2), se integran en un objetivo común, que es proporcionar al alumno capacidades de tipo declarativo, es decir, aplicación, análisis, síntesis y evaluación, fomentando la colaboración entre alumnos de diferentes cursos y el trabajo en equipo. En la sección 2. se trata la estructura de las materias que se incluyen así como el ordenamiento temporal, en la sección 3. el modelo correspondiente a las prácticas de la asignatura, implantado desde 1993 y finalmente en la sección 4. se enumeran algunas conclusiones y consideraciones adicionales.

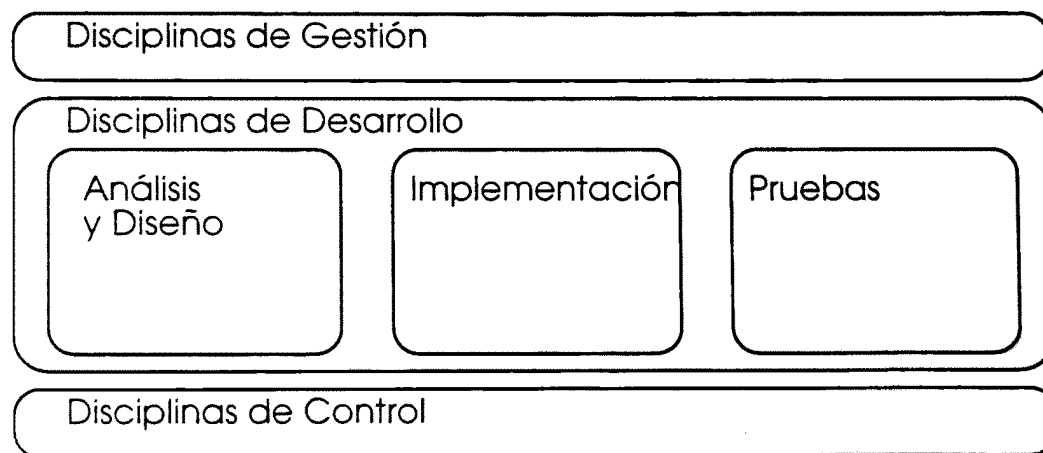
## 2. Objetivos y Contenido de las Asignaturas

El primer paso en el establecimiento de cualquier currículum consiste en definir los objetivos educativos perseguidos. La taxonomía de Bloom que ha sido adaptada en [3] para cursos de Ingeniería del Software se presenta en la siguiente tabla, describiendo los algunos de los objetivos más importantes y el curso correspondiente.

Objetivo	Comentarios	Curso
Evaluación	Revisar productos respecto de su contenido y conformidad con estándares	IS2
Síntesis	Desarrollar un modelo que cumpla los requisitos del usuario y un plan de calidad, produciendo los correspondientes documentos	IS1, IS2
Análisis	Determinar los requisitos que debe cumplir el sistema. Realizar entrevistas a un cliente y participar en reuniones de revisión	IS1
Aplicación	Utilizar una metodología estructurada y herramientas CASE	IS1
Conocimiento y comprensión	Clases de teoría. Conocimiento de metodologías de desarrollo y conceptos básicos de calidad	IS1,IS2

Dentro del desarrollo de un producto software, se pueden distinguir diferentes disciplinas encomendadas a la consecución de un producto de calidad bajo las inevitables restricciones temporales y económicas, tal y como se representa en la Figura 1. Los objetivos antes mencionados se materializan dentro de las materias indicadas en dicha figura.

**Figura 1: Disciplinas de Desarrollo de un Producto Software**



Dentro de las disciplinas de desarrollo se pueden distinguir:

- *Análisis y Diseño*: Se cursan al principio en IS1 durante algo más de un cuatrimestre, siguiendo la metodología Métrica Versión 2 [5]. Asimismo, durante parte del segundo cuatrimestre de IS1, se añade análisis y diseño orientados a objetos (metodología OMT), aunque el mayor énfasis se pone en metodologías clásicas (Diagramas de Flujo e Datos y Diagramas Entidad-Relación) al igual que se indica en [7]. Dentro de la parte práctica los alumnos realizan en equipo la especificación de un sistema real, lo cual será tratado en la siguiente sección. Otras metodologías, como por ejemplo las de Sistemas en Tiempo real son incluidas al principio en IS2.

- *Implementación:* Puesto que las metodologías de programación son una parte importante de los conocimientos que adquieren los alumnos en el primer ciclo de sus estudios, no se incluyen en los programas de segundo ciclo. Esto puede causar que los alumnos no vean uno de los objetivos finales: obtener un producto que funcione. Por ello, en la Ingeniería del Software de Gestión en primer ciclo se utilizan proyectos de pequeño tamaño abordando desde la especificación hasta la implementación.
- *Pruebas:* Las pruebas son una materia fundamental, y a la que tradicionalmente se le ha dado poco énfasis. Por ello, la última parte del segundo cuatrimestre incluye los conceptos y técnicas básicos de pruebas del software.

Dentro de las Disciplinas de Gestión, los temas de planificación, estimación y métricas son tratados brevemente en IS2, aunque también se tratan en otras asignaturas.

Las Disciplinas de Control están encaminadas fundamentalmente al aseguramiento de la calidad del software que se desarrolla. Para ellas se utiliza el Plan General de Calidad [4]. Su tratamiento en este plan de estudios es un aspecto innovador (descrito con un poco más de detalle en [9]), ya que aunque dichas disciplinas son tratadas de forma independiente en IS2, se integran perfectamente en el desarrollo de los proyectos realizados en las prácticas de IS1 puesto que los alumnos de IS2 realizan revisiones técnicas formales sobre los proyectos que están desarrollando los alumnos de IS1. De esta forma se fomenta la cooperación entre equipos y los conceptos básicos de calidad son introducidos desde el primer momento.

### 3. Estructura de las Prácticas

Existe un acuerdo general respecto al contenido técnico que debe de contener el currículum correspondiente a una Ingeniería en Informática, tal y como se puede apreciar en los de ACM/IEEE [1], BCS/IEE [2] y SEI [3]. Sin embargo, la planificación y ejecución de un adecuado modelo para los componentes de práctica de laboratorio en cada curso es una tarea difícil y con muchas opciones diferentes. Entre los modelos típicos presentados por Shaw en [8], se prefieren aquellos en los cuales el estudiante participa en el desarrollo de un proyecto real, cuyo tamaño es suficientemente grande como para que no se pueda considerar trivial, y en el cual el cliente es real. Pero este tipo de modelo es enormemente difícil de implementar debido al elevado número de estudiantes, ya que existirán enormes problemas de coordinación, agravados por la siempre limitada disponibilidad de recursos humanos (profesorado).

Otro aspecto a considerar es el mercado laboral en el que los estudiantes se integrarán en su inmediato futuro profesional, destinado en su mayor parte al análisis, diseño, implantación y mantenimiento de sistemas software, siendo la mayor parte de ellos, productos a medida [6]. Puesto que ya disponen de suficiente experiencia en programación, los temas relativos al análisis y a la gestión de la calidad serán probablemente un gran valor añadido en los conocimientos aplicables a su futuro trabajo.

#### 3.1. Organización de los Proyectos

Para reproducir lo más posible el proceso que se puede encontrar en una empresa de desarrollo de software, hemos establecido un modelo en el cual los estudiantes se dividen en diferentes equipos: unos asumiendo el papel de equipos de desarrollo (IS1) y los otros, equipos de calidad (IS2). El resultado de estas prácticas es un dossier de garantía de calidad que incluye las diferentes versiones de los productos realizados por el equipo de desarrollo, y las correspondientes revisiones.

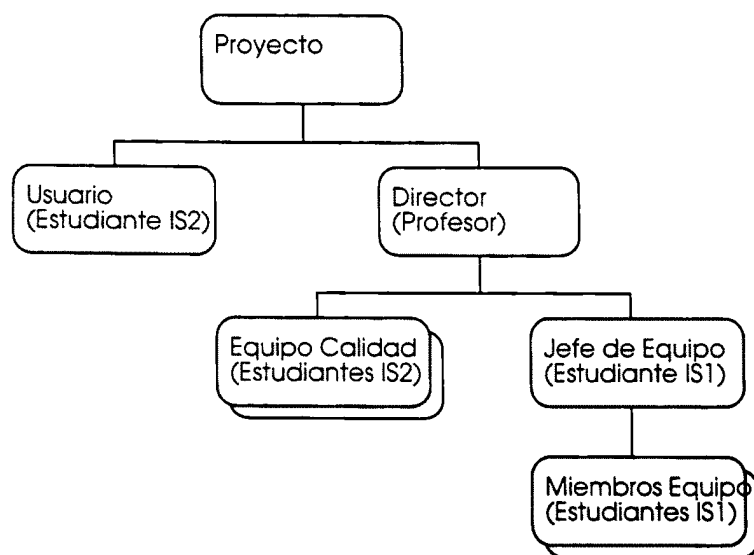
Es importante que los proyectos tengan un cliente real, pero, debido el elevado número de alumnos, es enormemente difícil conseguir la cooperación de empresas externas. Por ello se ha decidido utilizar los propios alumnos de IS2 como clientes externos, los cuales acceden voluntariamente a dicho papel, siempre que tengan un conocimiento suficiente de algún tipo de sistema real por haber participado en su desarrollo, o ser usuarios del mismo. Para ello, es favorable el hecho de que nos encontramos en

una titulación de sólo segundo ciclo, ya que una parte significativa de los estudiantes están trabajando en alguna empresa, al menos como programadores. El resto de proyectos que no pueden tener un cliente como el anterior, se buscan dentro de la propia Universidad, básicamente relacionadas con las tareas de administración de centros, departamentos o asociaciones.

Por ejemplo, en el presente curso académico (96-97), se han organizado un total de 16 equipos de desarrollo con 9 proyectos diferentes (algunos equipos desarrollan de forma paralela el mismo proyecto). El curso pasado se disponía de 15 equipos con 15 proyectos diferentes. Los temas de los proyectos son de lo más diverso, por citar algunos ejemplos, gestión de la recogida en una central lechera, empaquetado de bobinas en una empresa siderúrgica, padrón de habitantes, una oficina de correos, etc.

Cada equipo de desarrollo de un proyecto se organiza como se indica en la Figura 2, reproduciendo la estructura indicada por el Plan General de Calidad.

**Figura 2: Organización de equipos**

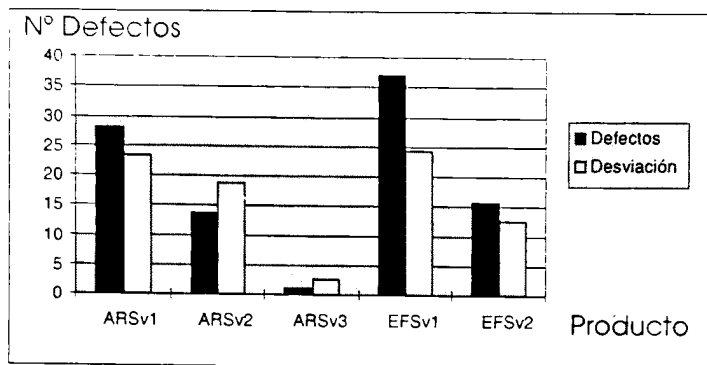


Aunque los alumnos de IS1 elaboran un plan de calidad específico para cada proyecto, con el objeto de facilitar el control de todos los proyectos, se sigue en todos el mismo modelo de referencia: Modelo Secuencial Intermedio, y puesto que el énfasis fundamental está en la calidad del proceso y del producto desarrollados, más que en la obtención del producto completo, se realiza solamente la fase de análisis, compuesta por los dos módulos según Métrica 2: Análisis de Requisitos (ARS) y Especificación Funcional (EFS), también denominados Especificaciones de Diseño y Diseño Funcional según el Plan de Calidad,

En cada uno de ellos se sigue un proceso de Revisión Técnica Formal (RTF), donde para cada uno de los anteriores productos se realizan hasta tres versiones diferentes, como consecuencia de las revisiones realizadas. Una vez que ha sido producido un documento, este es revisado por el equipo de calidad, produciendo una Hoja de Comentarios de Revisión (HCR). Inmediatamente se realiza una reunión conjunta de revisión para discutir posibles problemas, en la que en ocasiones también participa el Usuario, y se genera la Lista de Acciones Correctivas (LAC) en base a la cual el equipo de desarrollo corregirá el documento correspondiente, que será sometido a un nuevo proceso de revisión. Este esquema es el mismo en todos los cursos académicos, aunque varían ligeramente el número de versiones y revisiones a realizar. Toda la información se halla disponible en las páginas Web de la asignatura.

Aunque el número de defectos hallados y su corrección, no es el único aspecto de interés en la calidad del software, si es un parámetro que puede ser relativamente fácil de medir, y a través del cual se puede observar el incremento de la calidad de los productos. En la Figura 3 se representa el número de defectos detectados en las revisiones correspondientes a cada uno de los productos (los datos corresponden con el curso académico 95/96 en el que no se realizó la tercera versión de la EFS), junto con la desviación típica. El hecho más importante a resaltar es que en la segunda revisión no se corrigen todos los defectos hallados en las anteriores debido a que los problemas de coordinación entre los equipos son importantes, y a que en las siguientes revisiones también se encuentran defectos nuevos.

**Figura 3: Reducción del Número de Defectos**



Asimismo es importante destacar que la desviación muestra una gran variabilidad entre unos grupos y otros, lo cual puede ser justificado por el hecho de que existen factores contrapuestos entre las capacidades de los equipos de desarrollo y de calidad. Para comprobarlo se ha efectuado un análisis de regresión tomando como variables independientes las calificaciones finales en la asignatura de los integrantes de los equipos de IS1 y los de IS2, y como variable dependiente el número de defectos hallados, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla:

	M1 (IS1)	M2 (IS2)	t1	t2	R2	F
ARSv1	-6.05 (4.5)	16.8 (7.3)	1.34	2.29 **	0.36	3.42 *
ARSv2	-5.75 (3.4)	14.2 (5.5)	1.67 *	2.54 **	0.43	4.51 **
EFSv1	-7.13 (3.1)	25.6 (5.1)	2.24 **	4.95 ****	0.70	14.4 ***
EFSv2	-4.28 (1.8)	12.1 (2.9)	2.34 **	4.09 ****	0.64	10.8 ***

Nivel de significación: \* para  $p=0.1$ , \*\* para  $p=0.05$ , \*\*\* para  $p=0.01$ , \*\*\*\* para  $p=0.001$

Se puede comprobar la alta correlación positiva en el caso de IS2 (los mejores alumnos detectan más defectos) y negativa en el caso de IS1 (los equipos integrados por los mejores alumnos consiguen productos con menos defectos). Asimismo, la significación obtenida es alta, a pesar del pequeño tamaño de muestra (15 proyectos), lo que justifica la correlación obtenida.

### 3.2. Otras prácticas

En la sección anterior se ha descrito la parte práctica fundamental en la asignatura de IS1. Esta es complementada con otras clases de laboratorio dirigido en las que se enseña la herramienta CASE que

los alumnos utilizarán para desarrollar los modelos correspondientes a la especificación, junto con Visual Basic que se emplea para la elaboración de los prototipos de pantallas.

Las herramientas CASE son utilizadas para desarrollar el modelo del sistema especificado. Sin embargo, su uso no es impuesto desde el principio, sino cuando se dispone de un modelo relativamente completo. El objetivo de ello es evitar que los problemas con el uso de las herramientas distraigan la atención del alumno en lo principal: el sistema objeto de análisis.

Si bien las prácticas de IS1 son en equipo, las de IS2 son individuales. Cada alumno elabora el Plan de Calidad para uno de los proyectos y realiza las revisiones antes descritas. Puesto que en IS2 se tratan otras metodologías como las de Análisis Estructurado para Sistemas en Tiempo Real, los alumnos también realizan un modelo de un sistema de este tipo. El tercer componente práctico es un trabajo cuyo tema es de libre elección para fomentar la capacidad de búsqueda y recopilación de información. Asimismo, se realizan exposiciones orales de dichos trabajos para fomentar las capacidades de expresión oral, tan necesarias en todo Ingeniero.

### **3.3. Calificación**

En IS1, la calificación se fundamenta en los exámenes complementados con el trabajo individual desarrollado en el proyecto y la valoración global del equipo. La calificación de la parte práctica se suma de forma lineal a la calificación del examen.

En IS2, la calificación es en su mayor parte la de las prácticas. Dependiendo del número de alumnos (ya que es una asignatura optativa), se puede incluso suprimir la realización de un examen.

Un aspecto importante a fomentar en los alumnos es su capacidad de planificación, y entrega de sus trabajos en unos plazos fijados de antemano. Por ello, todas las entregas prácticas disponen de un calendario fijado de antemano a principio de curso, y un sistema de penalizaciones que disminuyen la nota final del alumno en función de los retrasos en los que incurra.

## **4. Conclusiones**

Se ha presentado un modelo de enseñanza práctica de temas de Ingeniería del Software que pretende fomentar la colaboración entre los alumnos y las capacidades intelectuales como análisis, y evaluación que son en general muy difíciles de transmitir, puesto que el alumno debe de aprenderlas mediante la experimentación. La puesta en práctica de este modelo es una ayuda importante para la formación de los alumnos, ya que se van a integrar en un mercado laboral donde cada vez se requiere personal con capacidad de análisis y facilidad de trabajo en grupo, valorándose más la capacidad de las personas que los conocimientos de temas puntuales.

A pesar de las posibles deficiencias, sobre todo debidas a un tamaño todavía demasiado grande de cada equipo, y la heterogeneidad de los proyectos, lo cual causa dificultades en la gestión por parte de los profesores, los alumnos comienzan altamente motivados y finalizan satisfechos con la experiencia que habitualmente es nueva para ellos (realizar tareas de análisis, revisar y ser revisados, discutir temas en una reunión, etc.). Las iniciales reticencias de los alumnos a ver su trabajo revisado son fácilmente superados cuando ellos mismos se dan cuenta de los fallos cometidos y comprueban la mejora de la calidad del trabajo que han desarrollado.

## 5. Referencias

- [1] ACM/IEEE-CS Joint Curriculum Task Force. *Computing Curricula 1991*. IEEE Computer Society Press, 1991
- [2] British Computer Society, Institution of Electrical Engineers. *A Report on Undergraduate Curricula for Software Engineering Curricula*. BCS/IEEE, 1989.
- [3] Gary Ford. *1990 SEI Report on Undergraduate Software Engineering Education*. Software Engineering Institute, Technical Report CMU/SEI-90-TR-3, 1990.
- [4] Ministerio para las Administraciones Públicas (MAP). *Plan General de Garantía de Calidad aplicable al Desarrollo de equipos lógicos*, 1991.
- [5] Ministerio para las Administraciones Públicas (MAP). *Métrica Versión 2.1: Metodología de Planificación y Desarrollo de Sistemas de Información*. Editorial Tecnos, 1995.
- [6] Natalia Juristo, Edmundo Tovar. *El Papel de la Ingeniería del Software en los Estudios Superiores de Informática*. NOVATICA, no. 120, pp. 47-53, Marzo-Abril 1996.
- [7] Raymond McLeod, Jr. *Comparing Undergraduate Courses in Systems Analysis and Design*. Communications of the ACM, Vol. 39, no. 5, pp. 113-121, 1996.
- [8] Mary Shaw, James E. Tomayko. *Models for Undergraduate Project Courses in Software Engineering*. Technical Report CMU/SEI-91-TR-10, 1991.
- [9] Javier Tuya, José A. Corrales. *Enseñanza Práctica de Métrica Versión 2 y el Plan General de Garantía de Calidad*. En: Metodologías de Análisis y Diseño de Sistemas de Información Complejos. Ed: Prof. José Luis Barros. Para publicar en 1997