

Validación por la Comunidad Docente de una Metodología de Aprendizaje Activo para Cursos de Programación

Iria Estévez-Ayres, Carlos Alario-Hoyos, Mar Pérez-Sanagustín, Raquel M. Crespo-García, Derick Leony, y Hugo A. Parada G.

Departamento de Ingeniería Telemática, Universidad Carlos III de Madrid
Avda. de la Universidad, 30, 28911, Leganés, Madrid, España
{ayres, calario, mmpsanag, rcrespo, dleony, hparada}@it.uc3m.es

Resumen—En este artículo se presenta y evalúa una metodología para cursos de programación, basada en el aprendizaje activo y el aprendizaje basado en proyectos. Esta metodología se centra en el trabajo continuo, día a día, del alumno. Por un lado, ofrece pautas para que los alumnos organicen su tiempo, promoviendo el autoaprendizaje y el trabajo individual. Por otro, durante el proyecto los alumnos desarrollan sus capacidades de trabajo en equipo, fomentando el desarrollo de competencias transversales como el aprendizaje colaborativo. La metodología descrita se ha aplicado durante varios cursos en una asignatura de programación en C de segundo curso de los cuatro grados de Ingeniería de Telecomunicaciones. Para poder evaluar, ajustar y mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje propuesto, se utilizan mecanismos de realimentación y seguimiento del alumnado y del profesorado. En este artículo, la implantación de la metodología es evaluada por 40 profesores de distintas universidades españolas que imparten asignaturas en cursos de ingeniería, con objeto de validar su aplicabilidad en otros contextos.

Palabras Clave—Aprendizaje Activo, Metodología, Curso de Programación, Arquitectura de Sistemas.

I. INTRODUCCIÓN

La demanda de desarrolladores de software ha experimentado un importante crecimiento en los últimos años [1]. En la industria del desarrollo software, caracterizada por el cambio constante debido a la aparición frecuente de nuevas herramientas y métodos de desarrollo, se requieren profesionales cada vez más preparados para adaptarse al cambio, proactivos, críticos, con habilidades como el liderazgo y con una gran capacidad de trabajo en equipo [2].

Para formar profesionales para esta industria las metodologías clásicas de enseñanza, normalmente basadas en la combinación de presentaciones de conceptos teóricos y ejercicios prácticos aislados, no son suficientes [1]. La aplicación de metodologías como el aprendizaje activo [3] y el aprendizaje basado en proyectos [4] proporcionan una solución parcial para cubrir estas necesidades. Sin embargo, estas metodologías presentan algunas limitaciones. Por una parte, no son capaces de capturar la diversidad de conocimientos previos, ritmos de trabajo y objetivos de aprendizaje característicos de los grupos de los primeros cursos de formación universitaria. Por otra, estas metodologías no incluyen técnicas ni mecanismos para hacer un seguimiento cercano de los alumnos y detectar así problemas como la pérdida de interés o los conflictos del trabajo en equipo [5]. En este contexto, es necesario proponer nuevas metodologías

para la enseñanza del desarrollo software capaces de capturar e integrar las necesidades de la industria y superar estas limitaciones.

Con este objetivo, en este artículo se propone una metodología basada en el aprendizaje activo y el aprendizaje basado en proyectos para cursos de programación en un entorno universitario. La metodología propuesta permite adaptar de forma dinámica aspectos principales de una asignatura como temas, actividades de aprendizaje, configuración de grupos y actividades de evaluación. Esta metodología se ha aplicado en la asignatura Arquitectura de Sistemas (AS)¹. Esta asignatura tiene como objetivo principal aprender a programar en lenguaje C, y se imparte de forma transversal en el segundo curso de los grados en castellano y bilingüe (inglés) de Ingeniería Telemática, Sistemas Audiovisuales, Sistemas de Comunicaciones y Tecnologías de las Telecomunicaciones de la Universidad Carlos III de Madrid. Además de mostrar cómo se aplica la metodología propuesta en un contexto real, este artículo presenta los resultados de una encuesta sobre su aplicabilidad a otros contextos, que ha sido completada por 40 docentes de cursos de ingeniería de 6 universidades españolas distintas.

Este artículo se organiza como se especifica a continuación. Primero se describe la asignatura AS (sección II) y cómo se ha aplicado la metodología propuesta en este contexto (sección III). A continuación se presentan los resultados obtenidos de la validación de la metodología por un grupo de docentes del ámbito de ingenierías (sección IV), y se discuten las decisiones tomadas, con el fin de refinar la metodología (sección V). Finalmente, la sección VI resume las principales contribuciones y conclusiones de este trabajo.

II. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

La asignatura Arquitectura de Sistemas (AS) se imparte en el segundo año de los cuatro grados de Ingeniería de Telecomunicaciones en la Universidad Carlos III de Madrid, en español y en inglés. El número aproximado de alumnos matriculados cada edición oscila entre 200 y 275 y la plantilla docente la forman cada año entre 6 y 9 profesores.

Tal y como se detalla en [6], los cuatro objetivos específicos a cubrir por la asignatura son:

¹<http://www.it.uc3m.es/labas>

1. diseñar y desarrollar aplicaciones en el lenguaje de programación C;
2. aplicar técnicas de trabajo en equipo para desarrollar una aplicación en un dispositivo móvil;
3. usar herramientas de desarrollo de aplicaciones como el controlador de versiones Subversion² y máquinas virtuales, entre otras;
4. desarrollar técnicas de autoaprendizaje.

La asignatura se organiza en lecciones *magistrales* o de grupos grandes y en clases *prácticas* de laboratorio o de grupos reducidos. Las primeras se realizan en aulas convencionales y las segundas se llevan a cabo en salas con ordenadores. Cada grupo, tanto magistral como reducido, tiene un profesor responsable. La asignatura sigue un sistema de evaluación continua pero los alumnos tienen la opción de hacer un examen final si no desean seguir este esquema.

III. METODOLOGÍA APLICADA EN AS

Esta metodología toma como uno de sus pilares fundamentales el aprendizaje activo. Los estudiantes que cursan AS se encuentran, generalmente por primera vez, con un curso que les exige trabajar de forma autónoma, con la guía del profesor como material de referencia, pero sin tantas clases teóricas y mucha más dedicación de trabajo individual previo a la clase y de trabajo colaborativo durante y después de la clase. Así, motivar, convencer e implicar a los estudiantes es uno de los grandes retos de cada edición, y en cada una de ellas encontramos que los estudiantes pasan por prácticamente todas las fases descritas por Woods en [7]: (1) conmoción; (2) rechazo; (3) resistencia y retirada; (4) rendición y aceptación; (5) esfuerzo y exploración; (6) retorno de la confianza en sí mismo; (7) integración y éxito.

Para establecer un vínculo con el futuro mercado laboral, la asignatura de AS se estructura durante todo el curso alrededor de un escenario que simula una situación de trabajo real. Desde el primer día, se explica a los alumnos que forman parte de un departamento de diseño de aplicaciones (objetivo 1) de una empresa ficticia, donde deberán trabajar en equipo (objetivo 2) con distintas herramientas (objetivo 3). Tal y como ocurre en una empresa, aunque hay cursos de formación (clases magistrales en el contexto de AS), los empleados tendrán que usar manuales tanto en castellano como en inglés como documentación básica (objetivo 4) para realizar algunas las tareas asignadas. A partir del escenario se refuerza la percepción de que la materia y los problemas que se plantean durante la asignatura tienen una relación directa con el entorno laboral.

Además, en AS se considera prioritario mantener a los alumnos informados sobre las decisiones metodológicas principales tomadas en el desarrollo la asignatura. Con este objetivo se aplica un principio de transparencia que incluye desde la presentación de la metodología docente al inicio del curso (con referencias que avalan dicha metodología), hasta el uso de rúbricas en la evaluación, pasando por la definición de un calendario detallado de sesiones con todo el material disponible al comienzo de la asignatura.

A continuación se detallan los aspectos clave de la metodología del curso, como son el aprendizaje activo (aparta-

do III-A), el trabajo colaborativo (apartado III-B), las herramientas de desarrollo empleadas (apartado III-C), el sistema de evaluación (apartado III-D) y la realimentación sobre la metodología por parte de alumnos y cuerpo docente (apartado III-E).

III-A. Aprendizaje Activo

Para promover el aprendizaje activo, los alumnos pueden acceder al cronograma de la asignatura desde el inicio del cuatrimestre³, así como a la descripción detallada de las actividades que se les pedirán cada semana. Además, se les indica el tiempo que se espera que dediquen a la asignatura semana a semana. Por otra parte, los alumnos tienen disponible todo el material de la asignatura en forma de apuntes elaborados por los profesores desde el inicio de curso⁴. De esta manera se anima a los alumnos a que se organicen desde el principio y que tengan una idea de los objetivos e hitos del curso.

III-A1. Esquema de trabajo semanal: en la descripción de la asignatura⁵ se sugiere a los estudiantes un esquema de trabajo (Fig. 1). Éste consta de dos sesiones de estudio intercaladas por una de consultas personalizadas al profesor para resolver dudas.

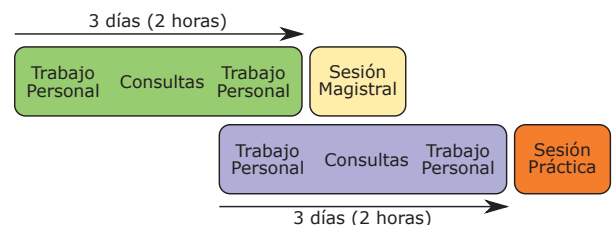


Figura 1. Esquema de trabajo semanal.

Para cada sesión se publican actividades previas y actividades a realizar en clase, con el tiempo estimado que requieren por parte del alumno para su resolución. Las actividades previas guían a los alumnos a través de los apuntes, indicando qué ejercicios o programas deben realizar en cada momento, así como qué apartados de teoría de los apuntes deben leer antes de cada sesión. La descripción de la actividad incluye una lista de recursos (enlaces a documentos auxiliares), un plan de trabajo, un criterio de evaluación y un tiempo estimado de resolución.

Como evaluación formativa de las tareas previas se suelen incluir ejercicios de autoevaluación y mencionar el uso que se va a hacer con los resultados durante la siguiente sesión. Con este esquema se pretende que los estudiantes asistan a clase con el trabajo realizado y así sacar el máximo partido a las sesiones tanto magistrales y prácticas.

III-A2. Metodología docente: al principio de la clase magistral, el profesor explica aquellos aspectos más importantes de la teoría. Después resuelve las dudas de los alumnos sobre las actividades previas, intercalando ejercicios, unas veces resueltos por el profesor, otras por los alumnos en grupos de trabajo (que se corrigen y explican en pizarra al final de cada clase).

³http://www.it.uc3m.es/labas/info/material_es.html

⁴http://www.it.uc3m.es/labas/course_notes/index_es.html

⁵http://www.it.uc3m.es/labas/info/syllabus_es.html

²<http://subversion.apache.org>

En el caso de las sesiones de prácticas, el profesor explica las actividades a desarrollar, y resuelve grupo a grupo las dudas que hayan surgido durante la resolución de las actividades previas. Esto sucede mientras el resto de grupos trabajan en las actividades determinadas para la sesión.

III-A3. Uso del foro: las actividades de los apuntes que no han sido definidas como actividades previas se proponen como ejercicios en el foro. Estos ejercicios se corrigen por parte del profesor si y sólo si los alumnos aportan previamente una solución en el foro. Dicha solución se discute en el foro de forma colaborativa. En el caso de ejercicios relacionados con la programación, se proponen además correcciones o mejoras al código propuesto por los estudiantes. Todas las dudas planteadas por los alumnos en el foro se tratan en un máximo de 24 horas.

III-A4. Atención al alumnado: además del horario de atención obligatorio al alumnado dispuesto por normativa de la universidad (el cual se dedica a tutorías individuales), algunos profesores de los grupos magistrales han incluido, de forma voluntaria, tutorías grupales dentro de su metodología. Los alumnos acuden más a estas tutorías grupales, en las que se resuelven dudas y ejercicios, que a las tutorías individuales y, en general, son bien recibidas por parte del alumnado.

III-B. Trabajo colaborativo

Uno de los objetivos transversales de AS es que los alumnos desarrollen capacidades y competencias de trabajo en equipo. Con este objetivo, se introdujo un trabajo en grupo en la parte más práctica de la asignatura: el laboratorio. Durante el curso, en las sesiones prácticas, el trabajo de los alumnos se organiza de la siguiente manera:

- en la primera mitad del curso, mientras toman contacto con el lenguaje C y aprenden sus fundamentos, trabajan en parejas, formadas libremente por los estudiantes;
- en la segunda mitad, el aprendizaje se basa en proyecto, y el trabajo se realiza en equipos de cuatro personas formados por el profesor.

III-B1. Formación de los equipos: una de las metas más importantes de AS es preparar al alumnado para su futuro profesional, en el cual tendrán que trabajar con personas que no conocen previamente, solucionar de forma proactiva los conflictos que puedan surgir y ponerse de acuerdo para conseguir terminar en tiempo y forma un determinado proyecto. Un estudio de Deibel, K. [8] sostiene que, en grupos de alumnos formados por el profesor, se establece una interacción mayor entre los alumnos y se aprende más que en equipos formados por los propios alumnos. Tomando como referencia este estudio, la formación de los grupos en AS la realiza el profesorado, basándose en las notas de los alumnos obtenidas durante la primera mitad del curso y agrupando a aquéllos con notas similares.

III-B2. Puesta en marcha y seguimiento: la primera sesión del trabajo en equipo se dedica a describir qué se entiende por trabajo en equipo, a enfatizar la dificultad de conseguir un rendimiento elevado y a anticipar los posibles conflictos que suelen aparecer conforme se avanza en esta fase y reducir así el número de situaciones que requieren la intervención de la plantilla docente. En relación a este último objetivo, se incluye como parte de las lecturas previas un extracto de un artículo que trata sobre posibles conflictos [9].

Durante la primera sesión se analizan los distintos roles que pueden aparecer en un equipo disfuncional (adaptados del trabajo [10]): “el jeta” (*hitchhiker*), “el manta” (*couch potato*) [9], miembros del equipo que se intentan aprovechar de una manera más o menos manipuladora del resto y “la locomotora”, aquel alumno aventajado que se carga con todo el trabajo y no comparte sus decisiones con los demás. También se analiza qué debería hacer cada equipo para funcionar de manera correcta y se dan unas pautas sobre cómo enfrentarse, si se da el caso, con estos problemas.

Típicamente, el trabajo colaborativo implica roces y conflictos más o menos graves y, aunque los alumnos parten de que no van a tener problemas con sus compañeros, al final siempre acaba habiendo algún tipo de malentendido. Por este motivo, cada semana se les pasa un cuestionario individual anónimo donde sólo tienen que indicar el grupo de trabajo en el que están y valorar con una escala Likert-5 la intensidad de los siguientes conflictos en el equipo (0 no hay, 4 grado máximo):

- *un jeta.* Uno o más miembros del equipo afirman que su compromiso con el equipo es total, pero su desempeño es siempre bajo y con alguna excusa.
- *no integración.* Algún miembro no se integra porque es difícil hablar con él/ella.
- *una locomotora.* Uno o más miembros del equipo dominan la materia más que el resto y, además, les molesta que los demás no sigan su ritmo. El resto del equipo está molesto porque no se les toma en cuenta.
- *diferentes objetivos.* Existen diferentes perspectivas sobre cómo llevar a cabo el proyecto, pudiendo aparecer malestar mutuo con el tiempo.

Estos cuestionarios cortos son de gran utilidad para detectar los conflictos que surgen y poder ayudar a los alumnos a resolverlos.

III-C. Herramientas de desarrollo

A lo largo de la asignatura, los alumnos utilizan diversas herramientas de desarrollo:

- *máquina virtual.* Proporciona a los alumnos el mismo entorno de trabajo que en el laboratorio, sin obligarles a instalar Linux, ni todas las herramientas necesarias.
- *gestor de versiones (subversion).* El uso de esta herramienta en la asignatura cumple dos funciones. Por una parte, familiariza a los estudiantes con entornos de trabajo colaborativo semejantes a los que pueden encontrar en una empresa y les prepara para otras asignaturas posteriores que usan estas herramientas. Por otra parte, facilita la corrección de las pruebas de laboratorio y poder ofrecer realimentación a los alumnos de los errores cometidos. Además, facilita la gestión de los directorios de trabajo de los alumnos y proporcionarles a todos los mismos códigos fuente que se tomarán como referencia.

III-D. Sistema de evaluación

AS consta de 14 pruebas, incluyendo tanto individuales como grupales. La evaluación se organiza en dos partes. La primera parte corresponde al 30% de la nota global de la asignatura y comprende:

- pruebas individuales: 2 exámenes de programación de 10 minutos en papel (un pequeño fragmento de código) y 2 de programación de 30 minutos, también en papel.
- pruebas por parejas: 3 tests en papel de 10 minutos en el laboratorio y 1 entrega de código en el laboratorio por parejas.

La segunda parte de la asignatura, correspondiente al aprendizaje basado en proyecto, tiene un peso del 70 % en la nota global de la asignatura e incluye:

- pruebas individuales: 2 exámenes de programación de 1 hora en papel y 1 examen individual de 30 minutos sobre el proyecto en el laboratorio.
- pruebas en equipo: entregas parcial y final del proyecto, y presentación oral del trabajo realizado.

Este formato de evaluación concede más peso a la parte individual frente a la parte en grupo (donde la nota es compartida), para evitar que un alumno, gracias al trabajo de sus compañeros, apruebe sin tener conocimientos de la asignatura. Las pruebas iniciales obligan al estudiante a trabajar diariamente desde el principio de curso, aunque no tienen mucho peso en la nota final para evitar abandonos al comienzo de la asignatura.

III-D1. Información de progreso: los alumnos disponen de información actualizada acerca de cómo progresan en la asignatura y de cómo se evalúa dicho progreso. Así, se establece un máximo de tiempo de una semana para la corrección de cada prueba y el uso de rúbricas tanto en los exámenes escritos (se les envía a los alumnos conjuntamente con la nota de cada examen) como en el proyecto (disponible para los alumnos desde el primer día de la asignatura). Además, las entregas de laboratorio se corrigen sobre el código fuente de los alumnos y se les da realimentación indicándoles sus errores y sugerencias de cómo evitarlos. Las rúbricas, además de fomentar la transparencia en la evaluación, ayudan a homogeneizar los criterios de evaluación de la plantilla docente, mejorando la coordinación de la misma.

III-E. Realimentación sobre la metodología

Como parte de la metodología, el profesorado reflexiona constantemente sobre la calidad del curso, no sólo al finalizar cada edición, sino también durante su ejecución. Esta reflexión continua tiene como propósito adaptar sobre la marcha aspectos clave de la asignatura (p.ej. temas y actividades de aprendizaje), reforzando las carencias detectadas en los alumnos. Para que la reflexión y las decisiones tomadas sean efectivas se debe consultar a todos los actores involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Así, durante el curso se realizan cuestionarios dirigidos tanto al alumnado como al profesorado; y al finalizar el curso se analizan los resultados de las encuestas oficiales de la universidad.

III-E1. Por parte de los alumnos: tres veces durante el curso se les ofrece la posibilidad de comentar, de forma totalmente anónima, qué puntos mejorarían y qué defectos ven en la asignatura a través de un breve cuestionario web [11]. El formulario solicita que se describa el aspecto crítico más positivo y el más negativo de lo que va de curso (o desde el formulario anterior). Las respuestas se limitan a 300 caracteres para forzar a los estudiantes a pensar detenidamente sobre uno de los múltiples aspectos y expresarlo de forma concisa.

Estas respuestas sirven, por ejemplo, para detectar carencias en la formación previa del alumnado, partes a mejorar en el material de la asignatura o excesiva carga de trabajo de los alumnos. Además, los cuestionarios sirven para que los estudiantes perciban la implicación del profesorado, siendo ésta otra forma más de aumentar su motivación, según la opinión de los propios estudiantes.

III-E2. Por parte de la plantilla docente: al final de cada edición se pide a la plantilla docente que indique, de forma anónima, su grado de satisfacción con la metodología de la asignatura así como si, desde su punto de vista, se han alcanzado los objetivos planteados.

III-E3. Reuniones metodológicas de la plantilla docente: se llevan a cabo varias reuniones con el objetivo de analizar los cuestionarios anteriores y tomar decisiones.

- Durante el curso la plantilla docente se reúne al menos 3 veces para la toma de decisiones acerca de la marcha de la asignatura. Durante estas reuniones, los resultados de los cuestionarios al alumnado se revisan y se analiza si se deben tomar medidas correctivas y de qué tipo.
- Al finalizar el curso se realizan varias reuniones donde se revisan los resultados de los cuestionarios al alumnado y al profesorado de forma global conjuntamente con los resultados de las encuestas oficiales de la universidad, y se estudia la efectividad de las medidas tomadas. También se deciden las mejoras a adoptar en la siguiente edición, tanto en el material como en la metodología empleada.

IV. VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para validar cómo se podría aplicar esta metodología a otras asignaturas de ingeniería, se ha distribuido un cuestionario a docentes completamente ajenos a AS de distintas universidades españolas. Un total de 40 docentes han cumplimentado la encuesta, procedentes de 6 universidades (Universidad Carlos III de Madrid, Universidad de Jaén, Universidad de Valladolid, Universidad Politécnica de Madrid, Universidade de Vigo y Universitat Pompeu Fabra). Los encuestados pertenecen al área de conocimiento de Ingenierías (92,5 %) y Ciencias (7,5 %), donde la gran mayoría, 80 %, imparte asignaturas directamente relacionadas con la programación.

La mayoría de los encuestados tienen una amplia experiencia docente. El 77,5 % lleva ejerciendo como docente más de 6 años (Fig. 2). Además, gran parte de los encuestados imparten asignaturas de una complejidad organizativa y un tamaño similares a los de AS (Fig. 3). La mayoría de los encuestados imparte docencia en asignaturas con un gran número de alumnos matriculados (el 30 % en asignaturas con más de 160 estudiantes y el 28 % en asignaturas de entre 80 y 160 estudiantes) y, además, en un 58 % de los casos con más de 3 profesores.

El cuestionario plantea una serie de preguntas a los docentes en una escala Likert-6, ofreciéndoles la posibilidad de no contestar o de indicar que la pregunta no es aplicable a las asignaturas que el encuestado imparte. A continuación, se presentan los resultados de cada uno de los aspectos sobre los que se ha preguntado a los docentes, así como su opinión global de la metodología.

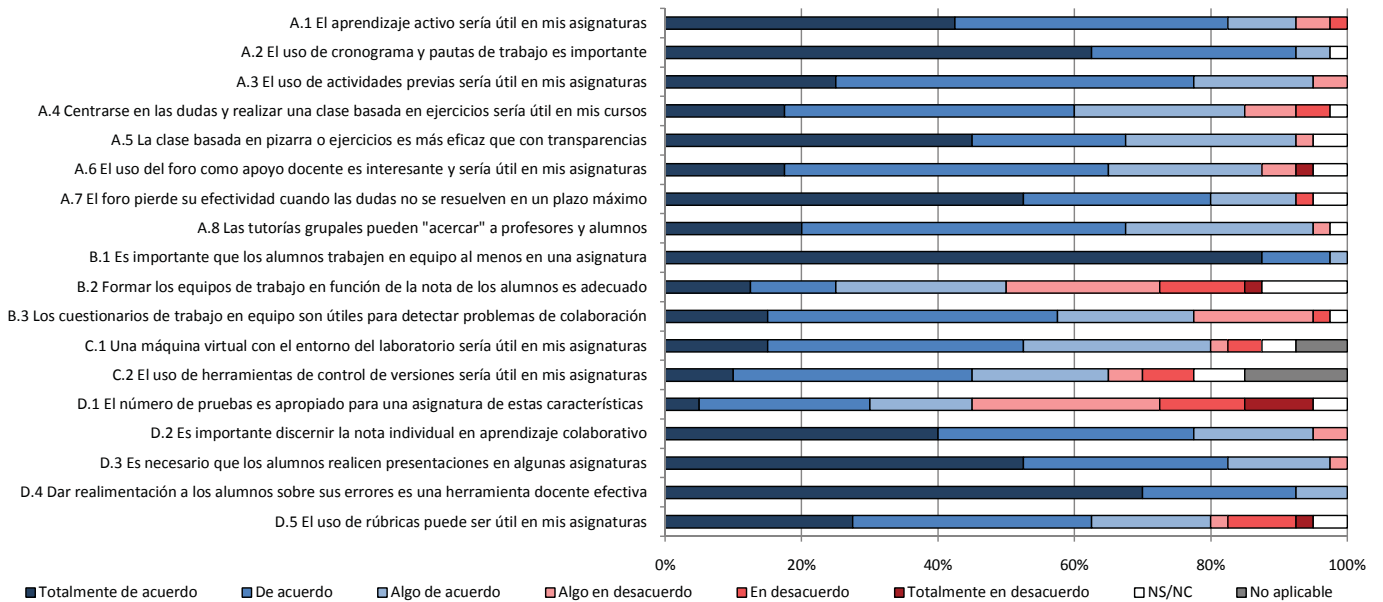


Figura 4. Opiniones sobre la metodología de aprendizaje.

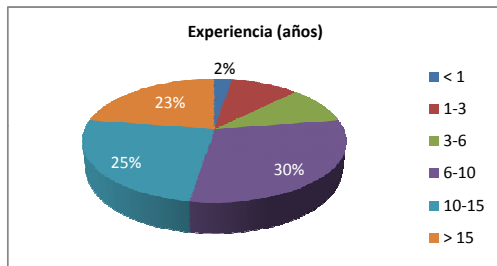


Figura 2. Experiencia docente de la población de docentes encuestada.

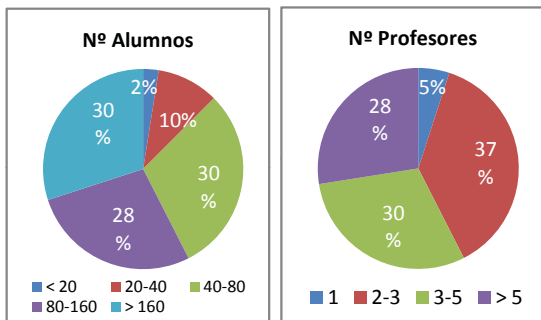


Figura 3. Número de alumnos y profesores en las asignaturas impartidas.

IV-A. Resultados sobre el aprendizaje activo

Tal y como se muestra en las respuestas a las preguntas del bloque A de la Fig. 4, los encuestados respaldaron de forma mayoritaria la metodología de aprendizaje activo seguida en esta asignatura.

Se observa que el 92% de los profesores opinaron que el aprendizaje activo puede ser beneficioso para las asignaturas que imparten (Fig. 4, A.1), con tan sólo 3 respuestas *en desacuerdo* o *algo en desacuerdo*. Si se analiza según el número de alumnos por asignatura, todos los profesores con asignaturas de más de 80 alumnos consideraron beneficiosa esta metodología para sus asignaturas.

Asimismo, la totalidad de los profesores que se pronunciaron estuvieron de acuerdo en la importancia de proporcionar a los alumnos un cronograma y unas pautas de trabajo (Fig. 4, A.2).

Con respecto al esquema de trabajo semanal, el 95% de los profesores consideraron que el planteamiento de proporcionar a los alumnos unas tareas previas a cada sesión puede ser beneficioso para las asignaturas que imparten (Fig. 4, A.3), estando únicamente 2 de ellos *algo en desacuerdo*.

En relación a la pregunta sobre la dinámica de las clases, sólo un profesor se manifestó *algo en desacuerdo* con la afirmación de que la clase basada en pizarra o en ejercicios es más eficaz que basar la docencia en transparencias (Fig. 4, A.5). De la misma manera, un 85% manifestó que centrarse en dudas y realizar una clase basada en ejercicios podría ser de utilidad en las asignaturas que imparten (Fig. 4, A.4).

El planteamiento del foro como herramienta de apoyo docente propuesto en la metodología fue considerado interesante y la mayoría de los docentes consultados (87,5%) consideraron que podría ser de utilidad en las asignaturas que imparten (Fig. 4, A.6). Todos los profesores con asignaturas con más de 80 alumnos se mostraron favorables a esta afirmación. Asimismo, excepto un profesor, todos coincidieron en que si las dudas planteadas en un foro no se resuelven en un plazo máximo, el foro pierde su efectividad (Fig. 4, A.7).

Finalmente, preguntados por la utilidad de las tutorías grupales como ayuda para "acercar" a profesores y alumnos y que éstos pierdan su "miedo" a hacer preguntas, un 95% de las respuestas fueron positivas (Fig. 4, A.8).

IV-B. Resultados sobre el trabajo colaborativo

Todos los docentes encuestados consideraron importante que, en al menos una asignatura del currículum, los estudiantes trabajen en grupo (Fig. 4, B.1).

IV-B1. Formación de los equipos: El criterio utilizado para la formación de equipos ha sido uno de los puntos más criticados de esta metodología. Las respuestas de los profesores sobre la adecuación de este criterio, estaban bastante

divididas (Fig. 4, B.2). El 50% valoró este criterio de forma positiva, mientras que un 37,5% expresó disconformidad y un 12,5% no se pronunció. Sin embargo, se observa que un 47,5% de las respuestas se acumulan en torno a *algo de acuerdo* (25%) *algo en desacuerdo* (22,5%) y sólo un 2,5% estaba *totalmente en desacuerdo*.

Si el análisis se realiza con respecto al número de alumnos de las asignaturas que imparten los encuestados, se puede ver que aquellos con un mayor número de alumnos (con más de 160 alumnos) son los que se manifestaron más a favor de este criterio (estando a favor un 66,6% y en contra un 25%), mientras que el profesorado que imparte en asignaturas con menos número de alumnos está muy dividido (42,86% con respuestas positivas en diferentes grados, la misma cifra con respuestas negativas y un 14,28% que no se pronuncia).

Si el análisis se realiza por rangos de experiencia docente no hay diferencias significativas. Sí se observa que las respuestas están más polarizadas cuanto menos experiencia tiene el encuestado (de los encuestados con menos de 6 años de experiencia, un 44,4% estaban *de acuerdo* o *totalmente de acuerdo*, un 22,2% *en desacuerdo* y un 11,1% *algo en desacuerdo*) y que tienden más a no posicionarse en los extremos cuantos más años de experiencia se acumulan (un 58,05% en el medio, un 19,35% *de acuerdo* y un 12,9% *en desacuerdo*).

IV-B2. Puesta en marcha y seguimiento: Un 77,5% se pronunció positivamente a la hora de valorar la utilidad de los cuestionarios de seguimiento como mecanismo para detectar problemas en el equipo, mientras que un 20% valoró estos cuestionarios de forma negativa (Fig. 4, B.3). Es interesante señalar que si se discrimina por número de alumnos en las asignaturas impartidas, aquellos profesores con un mayor número de alumnos (más de 160) vieron de forma positiva la utilidad de los cuestionarios; los profesores con asignaturas de entre 80 y 160 alumnos y los profesores con menos de 40 alumnos estaban la inmensa mayoría en posiciones favorables también (80% en los dos casos). Sin embargo, los profesores con un número de alumnos entre 40 y 80 se encontraban totalmente divididos, con sólo la mitad valorando positivamente el uso de los cuestionarios de seguimiento.

IV-C. Resultados sobre las herramientas de desarrollo

La encuesta incluía preguntas acerca de la utilidad de la máquina virtual y el uso de un controlador de versiones. Con respecto al uso de la máquina virtual (Fig. 4, C.1), 3 profesores indicaron que no era aplicable a sus asignaturas. De los 37 restantes, un 86,49% vio positivo el uso de esta herramienta, un 8,1% contestó de forma negativa y un 5,4% no se pronunció. Asimismo, preguntados por la utilidad en las asignaturas que imparten del uso de herramientas de control de versiones (Fig. 4, C.2), 6 indicaron que no era aplicable a su asignatura. De los restantes, un 64,71% expresó opiniones positivas, un 14,71% opiniones negativas (de los cuales, el 20% no impartía asignaturas relacionadas con la programación) y un 8,82% no se pronunció.

IV-D. Resultados sobre el sistema de evaluación

Con respecto al sistema de evaluación, el punto donde se pueden encontrar opiniones más dispares es el número de pruebas en una asignatura (Fig. 4, D.1): el 45% valoró

positivamente el número de pruebas, el 50% se pronunció de forma negativa (con un 13% *en desacuerdo* y un 10% *totalmente en desacuerdo*) y el 5% restante no expresó su opinión.

Sin embargo, un 95% de los docentes preguntados coincidieron de forma positiva en que, en asignaturas donde se trabaje de forma colaborativa, es importante discernir entre la nota individual y la nota de equipo, dándole más peso a la nota individual (Fig. 4, D.2). El 5% que se manifestó algo en desacuerdo estaba formado por docentes con entre 6 y 10 años de experiencia.

Algo similar ocurre con la importancia de tener una sesión de presentación donde los alumnos presenten de forma clara sus ideas y decisiones (Fig. 4, D.3), donde la mayoría de los docentes se manifestaron a favor (un 97%), con más de la mitad *totalmente de acuerdo*.

Todos los docentes consideraron que la realimentación a los alumnos, indicándoles sus errores y cómo corregirlos, es una herramienta docente efectiva (Fig. 4, D.4). Además, la mayoría de los encuestados, un 80%, mostró su acuerdo con que el uso de rúbricas en sus asignaturas pueda ser de utilidad (Fig. 4, D.5), frente a un 16% que vio la idea de forma negativa. El grupo más entusiasta son los profesores con menos experiencia (menos de 6 años), con un 88,89% a favor de la utilidad de esta herramienta de corrección, frente a un 77,42% en el caso de los profesores con más experiencia.

IV-E. Realimentación sobre la metodología

Cuando se pregunta a los docentes por el control de calidad realizado en la asignatura, se puede apreciar una opinión muy favorable acerca de todos los mecanismos implementados en la misma (Fig. 5).

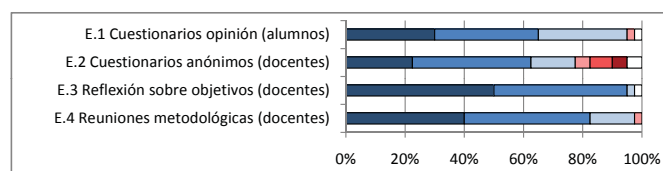


Figura 5. Opiniones acerca de la realimentación sobre la metodología.

IV-E1. Por parte de los alumnos: El 95% de los profesores consideró que este tipo de cuestionarios en medio del cuatrimestre sobre la marcha de la asignatura pueden ser de utilidad para las asignaturas que imparte (Fig. 5, E.1). Analizando las respuestas tanto por experiencia docente como por número de alumnos en asignaturas, se pudo observar que la distribución de respuestas se mantiene.

IV-E2. Por parte de la plantilla docente: Si bien la inmensa mayoría se mostró favorable con la necesidad de una reflexión por parte de la plantilla acerca de si se han alcanzado los objetivos del curso a su finalización (Fig. 5, E.3), hay diversidad de opiniones acerca de la utilidad del uso de cuestionarios anónimos a la plantilla en las asignaturas que imparten (Fig. 5, E.2). La mayoría consideró que pueden ser útiles (un 77,5%), aunque un 17,4% se mostró contrario. Se observa que las respuestas de todos los docentes con menos experiencia (menos de 6 años) fueron favorables al uso de cuestionarios anónimos, mientras que la división de

opiniones se da en el grupo de docentes con más experiencia (predominando la respuesta favorable).

IV-E3. Reuniones metodológicas: prácticamente todos los profesores (97,5%) han sido positivos al evaluar la necesidad de reuniones metodológicas para la buena marcha de una asignatura (Fig. 5, E.4). Cabe destacar que los profesores con menos experiencia (menos de 6 años) fueron los más entusiastas con la idea, con un 55,5% *totalmente de acuerdo* y un 44,5% *de acuerdo*; mientras que entre los profesores más experimentados se podían encontrar valoraciones más variadas (con un 35,5% *totalmente de acuerdo*, un 38,71% *de acuerdo*, un 19,35% *algo de acuerdo* y un 3,2% *algo en desacuerdo*).

IV-F. Valoración general sobre la metodología aplicada

Como punto final al cuestionario, se les pidió a los docentes valorar la posible utilidad de la metodología en sus asignaturas, así como la capacidad de la misma para aumentar la motivación del alumnado (Fig. 6). Se puede ver que la mayoría consideró que podría ser de utilidad en sus asignaturas así como que podría conseguir aumentar la motivación e implicación del alumnado. Es interesante señalar que tan sólo un caso se mostró desfavorable con ambas afirmaciones y que todos aquéllos que contestaron que estaban *algo en desacuerdo* con que la metodología pudiese aumentar la implicación y motivación de los estudiantes, estaban, a su vez, *algo de acuerdo* con que podría ser de utilidad en las asignaturas que imparten. A su vez, un 66,6% los que estaban *en desacuerdo* o *algo en desacuerdo* con la utilidad de esta metodología en sus asignaturas, estaban *de acuerdo* con que ésta podía aumentar la motivación de los estudiantes.

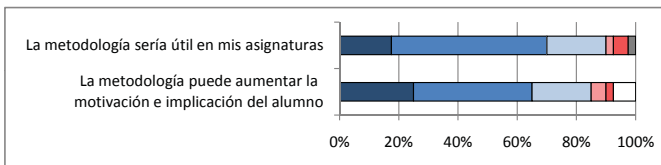


Figura 6. Valoración general sobre la metodología.

V. DISCUSIÓN

En el cuestionario se aprecia que, si bien, la mayoría de los profesores encuestados respaldaron la metodología presentada, hubo tres grandes puntos en los que existían discrepancias: el criterio de formación de los equipos, el número de pruebas de la asignatura y el uso de rúbricas.

Con respecto al criterio de formación de los equipos en la segunda parte de la asignatura, en anteriores ediciones se realizaron pruebas implementado dos criterios distintos. Ambos ordenan a los alumnos según sus notas de mayor a menor:

- **Criterio *homogeneización de equipos*:** divide la clase en cuatro cuartiles. Cada equipo se forma tomando un individuo de cada cuartil, resultando así grupos homogéneos.
- **Criterio *homogeneización de componentes dentro de un equipo*:** los equipos se forman con alumnos de notas similares.

La implementación del primer criterio produjo situaciones no deseadas y por ello fue descartado. Por ejemplo, en muchos

equipos los alumnos con más conocimientos no dejaban trabajar a aquéllos que, con menos conocimientos, querían aprender, y determinados alumnos fueron a remolque de los miembros del grupo que más conocimientos tenían. Otras consecuencias relevantes que aparecieron como resultado del criterio de formación de grupos se detallan a continuación:

- Al definir equipos homogéneos (primer criterio), todos ellos demandaban aproximadamente la misma cantidad de atención por parte del profesor, no pudiendo atender a todos durante el tiempo de clase. Por el contrario, la implementación del segundo criterio consiguió que los grupos más avanzados demandaran menos tiempo de ayuda durante las clases, pudiendo dedicar el profesor más tiempo a los grupos con problemas.
- La calidad media de los proyectos fue superior cuando se formaron grupos homogéneos entre sí (primer criterio) en comparación con los resultados de los grupos con componentes similares (segundo criterio). Sin embargo, el aprendizaje individual de la asignatura en media fue inferior, tomando como referencia los últimos exámenes individuales de la asignatura.

Por estos motivos, en la asignatura AS se aplica actualmente el segundo criterio en la formación de los equipos, el cual intenta, por una parte, agrupar a alumnos con objetivos comunes y, por otra, maximizar el tiempo de profesor con los equipos con mayor necesidad de supervisión en los laboratorios. Esta decisión se ha corroborado mediante cuestionarios realizados a los alumnos, en los que se muestra que la gran mayoría apoya esta decisión, debido a que en general perciben que un solo profesor en el laboratorio es insuficiente para cubrir las necesidades de todos los alumnos. Entre los comentarios de los alumnos también se valora positivamente el hecho de compartir equipo con alumnos con objetivos similares.

En esta parte del curso, se podría haber implementado un esquema similar al usado por Valero-García y García Zubia en [12], donde una vez formados los equipos, en la primera sesión se ponen en común tanto los objetivos individuales de cada integrante como sus horarios, y si los objetivos no son compatibles, se realizan cambios en los equipos. Se decidió no seguir este esquema para evitar poner en peligro el objetivo principal que es el de aprender a trabajar en grupo con desconocidos y lidiar en un entorno (controlado) con los potenciales conflictos que puedan surgir.

Con respecto al número de pruebas en AS, si bien es cierto que dicho número es elevado, AS ha ido evolucionado a este respecto: de tener 17 pruebas durante todo el curso en las que el peso de la nota estaba uniformemente distribuido, a tener 14 con el peso más cercano hacia el final de la asignatura.

Como ya se explicó previamente, se mantuvieron una serie de pruebas iniciales con poco peso pues, al hacerlas desaparecer en anteriores ediciones, se detectó que muchos estudiantes no empezaban a preparar la asignatura hasta la primera prueba y, en ese momento, la asignatura estaba lo suficientemente avanzada como para que muchos abandonasen. Por otra parte, si estas pruebas tuviesen mucho peso, también se correría el riesgo de que los alumnos abandonasen, al poder perder muchos puntos.

Como consecuencia de la realimentación de la comunidad docente, se está trabajando para reducir aún más el número de

pruebas sin perder la vertiente positiva asociada a introducir algunas al inicio de la asignatura.

Asimismo, la carga de corrección sobre el profesorado se ha suavizado bastante desde la primera edición de la asignatura, al incluir las rúbricas en el proceso de evaluación, no sólo para el proyecto, sino también de forma interna (aunque después se publica) para cada prueba.

Si bien las rúbricas suponen un trabajo inicial para el autor de la prueba, reduce la carga global de trabajo al proporcionar al profesorado una guía para la corrección y ayudar a la coordinación entre los profesores. Además, contribuye a que los alumnos perciban un criterio de evaluación único y homogéneo, independientemente del profesor que realiza la corrección, mejorando la transparencia de la asignatura y disminuyendo la percepción de arbitrariedad que pudiera tener el alumnado.

VI. CONCLUSIONES

Tras implantar la metodología propuesta en una asignatura real y analizar los resultados de su validación por profesores externos, puede concluirse que una amplia mayoría de los docentes ve positiva su aplicación en asignaturas de programación y equivalentes en ingeniería.

Es interesante destacar que los profesores más receptivos a aplicar esta metodología son aquéllos con menor experiencia en el campo y, aquéllos que imparten asignaturas con características similares a las planteadas en este estudio.

Dos de los puntos más criticados por los profesores son la política de formación de grupos y el uso de rúbricas de evaluación. Como trabajo futuro se plantea incorporar a la metodología nuevos criterios de formación de grupos y mecanismos para sistematizar las rúbricas de corrección y así aliviar la carga del profesorado. Asimismo, se planea reducir aún más el número de pruebas de evaluación para reducir la carga de trabajo del alumnado.

Finalmente, y con el fin de comprobar la aplicabilidad de esta metodología a otros campos se espera colaborar con docentes de otras universidades para su implantación en otras asignaturas de ingeniería. Esto permitiría refinar la metodología analizando qué aspectos son fácilmente extrapolables a otros escenarios y cuáles están más ligados al contexto concreto de cursos de programación.

VII. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el proyecto nacional del Ministerio de Economía y Competitividad, “Espacios Educativos Especulares” - EEE (TIN2011-28308-C03-01), por el proyecto regional de la Comunidad de Madrid, “eMadrid” (S2009/TIC-1650) y por el programa de estancias postdoctorales Alianza 4 Universidades.

Los autores agradecen al profesor Abelardo Pardo su labor y guía en la asignatura y a todos los profesores que han participado altruistamente en la encuesta objeto de este estudio por su tiempo y aportaciones.

REFERENCIAS

[1] M. Barak, J. Harward, G. Kocur, and S. Lerman, “Transforming an introductory programming course: From lectures to active learning via wireless laptops,” *Journal of Science Education and Technology*, vol. 16, no. 4, pp. 325–226, august 2007.

[2] B. Trilling and C. Fadel, *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*, 1st ed. San Francisco, CA, USA: Jossey-Bass, 2009.

[3] R. M. Felder and R. Brent, “Active learning: An introduction,” *ASQ Higher Education Brief*, vol. 2, no. 4, pp. 1–5, august 2009.

[4] D. Moursund, *Project-Based Learning Using Information Technology*, 1st ed. Eugene, OR, USA: ISTE, 1999.

[5] C. Bouton and R. Y. Garth, “Students in learning groups: Active learning through conversation,” *New Directions for Teaching and Learning*, vol. 1983, no. 14, pp. 73–82, june 1983.

[6] A. Pardo, I. Estévez-Ayres, P. Basanta-Val, and D. Fuentes-Lorenzo, “Programación en C con aprendizaje activo, evaluación continua y trabajo en equipo: caso de estudio,” in *XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2010)*, Julio 7-9 2010.

[7] D. R. Woods, *Problem-based learning: How to gain the most from PBL*. Donald R. Woods Waterdown, 1994.

[8] K. Deibel, “Team formation methods for increasing interaction during in-class group work,” *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 37, no. 3, pp. 291–295, Jun. 2005. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1151954.1067525>

[9] B. Oakley, R. M. Felder, R. Brent, and I. Elhadj, “Turning student groups into effective teams,” *Journal of student centered learning*, vol. 2, no. 1, pp. 9–34, 2004.

[10] P. del Canto, I. Gallego, J. M. López, J. Mora, A. Reyes, E. Rodríguez, K. Sanjeevan, E. Santamaría, and M. Valero, “Conflictos en el trabajo en grupo: cuatro casos habituales,” *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria (REFIEDU)*, vol. 2, no. 4, pp. 211–226, 2009.

[11] A. Pardo, I. Estevez-Ayres, P. Basanta-Val, and D. Fuentes-Lorenzo, “Course quality improvement using mid-semester feedback,” *International Journal on Technology-Enhanced Learning*, vol. 3, no. 4, pp. 366–376, Jul. 2011. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1504/IJTEL.2011.041280>

[12] M. Valero-García and J. García-Zubia, “Cómo empezar fácil con PBL,” in *XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2011)*, Julio 5-8 2011.