

Diseño de material específico docente para el aprendizaje de microcontroladores y sistemas USB

Gabriel Jiménez Moreno, Angel Jiménez Fernández,
Manuel Domínguez Morales, Elena Cerezuela Escudero,
Daniel Cascado Caballero, Francisco Gómez Rodríguez,
Manuel Rivas Pérez, Alejandro Linares Barranco

Dpto. Arquitectura y Tecnología de Computadores
Universidad de Sevilla
Escuela Técnica Superior de Ing. Informática, Avda. Reina Mercedes s/n
41012 Sevilla
gaji@atc.us.es

Resumen

En la enseñanza en profundidad y especializada en materias de tipo informática nos encontramos con que los contenidos no paran de crecer y cada vez son más difíciles de abarcar. Por otra parte hay que empezar a pensar que los alumnos deben ser creadores de nuevos productos, y no sólo diseñadores de las ideas de otros, debemos educar no sólo a un profesional diseñador si no también innovador. Para conseguir esto hemos puesto en marcha varios proyectos de innovación docente utilizando la metodología basada en el aprendizaje por proyectos (ApP). En el uso de dicha metodología caben destacar dos ventajas: facilitar al alumno la comprensión y estudio de materias con contenidos cada vez más complejos y numerosos, y entrenarlo en el diseño de sistemas con microcontroladores tal como se hace en la industria. Por otra parte se aportan dos novedades metodológicas: se desarrolla un material que se presta al alumno para que pueda hacer los proyectos en su casa, en las horas no presenciales, con lo que se aprovecha mejor el tiempo para dar los contenidos; y se modifica la metodología ApP para que el alumno sea el que proponga nuevos proyectos que puedan tener un cierto éxito comercial.

Summary

In Specialized and deep teaching about informatics subjects we can find contents that are growing every day, and are more difficult to cover. Otherwise there is needed to start thinking than students should to be creators of new products, and not only designers of existing ideas,

we must educate not only a professional designer but also innovative. To achieve this we have implemented several projects using innovative teaching methodology based on project based learning (PBL). In the use of this methodology should be highlighted two advantages: supply students with the understanding and study of materials with content increasingly complex and numerous, and trains the student in the design of systems with microcontrollers just like as in industry. On the other hand two methodological novelties are contributed: develops a material that is borrow to the student to enable him to do projects at home, in no teaching hours, so time is best used to give content, and PBL methodology is modified for student proposes new projects whose could have some commercial success.

Palabras clave

Aprendizaje por Proyectos, actualización contenidos, enseñar a diseñar, entrenar en innovación, microcontroladores, USB.

1. Introducción y antecedentes

La adaptación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y, en particular, la adopción del sistema de crédito europeo (ECTS) están determinando un cambio de modelo educativo. Evolucionamos desde un modelo centrado en la “enseñanza del profesor” a uno basado fundamentalmente en el “aprendizaje del alumno” [1].

Esto ha determinado que prácticamente todas las universidades hayan promovido planes de innovación docentes que faciliten la implantación

de nuevas metodologías por parte del profesorado. En la Universidad de Sevilla, en el curso 2007, se puso en marcha el Plan de Renovación de las Metodologías Docentes 2007 (PRMD) [2]. Este plan estaba dividido en varias líneas, la cinco se dedicada a los proyectos de Innovación Docente, en concreto, a sufragar la implantación de nuevas metodologías docentes. El trabajo que aquí se presenta se enmarca dentro de dicha iniciativa de la Universidad de Sevilla.

La asignatura en la que se centra este trabajo es Tecnología de Microcontroladores (TM), de 3º de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas en la Universidad de Sevilla. Desde la primera convocatoria del PRMD (2007), en esta asignatura, se han ido desarrollando una serie de recursos docentes que sin esa financiación hubieran sido imposibles de llevar a la realidad. El principal de ellos es el de una “placa de entrenamiento”, que los alumnos se pueden llevar a casa a modo de préstamo, y sobre la que gira gran parte de la asignatura.

1.1. Cuando los contenidos no dejan de crecer.

La principal dificultad que tienen alumnos y profesores de las titulaciones con una gran base tecnológica, como son las Ingenierías en Informática, es la velocidad de cambio que experimenta la materia que le es propia de estudio. El profesor para evitar el desfase tecnológico suele preparar nueva materia cada curso, lo que implica que el alumno cada vez tenga que manejar más información, sobre todo debido al aumento de complejidad que supone la “nueva tecnología”, los contenidos de este tipo de materias son fundamentales para mantenerse actualizados en lo que a la tecnología respecta. Al final esta dinámica lleva a una “saturación” del alumno, o a que la docencia que se imparte está muy alejada de la realidad cotidiana que percibe el propio alumno, convirtiéndose para él todo lo que observa en cajas negras incomprensibles, buen ejemplo de ello son los dispositivos USB. Es decir, nos encontramos con la disyuntiva entre disminuir contenidos o pedir que el alumno abarque aun más materia en cada curso. El problema es más grave aun si tenemos en cuenta que la tendencia actual en toda la docencia es dar menos importancia a los contenidos y más a la metodología [3], cuando precisamente lo necesario para no perder el impulso tecnológico debiera ser primar los contenidos innovadores en

las carreras de ingeniería (sin descuidar por ello la metodología docente).

Por otra parte, las empresas de nuestro entorno exigen que los contenidos que se imparten en las universidades se adapten a sus necesidades productivas, como casi ninguna compite realmente en el mercado exterior, el resultado es que sólo necesitan que se enseñe lo que el mercado local demanda. Consideran muchas de estas empresas que no hay que enseñar aquello que ya hacen otros países. En el campo de la informática hay un gran número de empresas que sólo se dedican, y tienen como casi único cliente, a la administración, entidades financieras locales o grandes almacenes. Estas empresas podrán innovar en su ámbito pero difícilmente se convertirán en exportadoras, y menos aun cuando no haya nadie en sus plantillas que conozca lo más básico de la tecnología que nos rodea. La innovación está muy limitada cuando se carece de un conocimiento profundo de la tecnología actual. Un ejemplo de “atraso tecnológico” que se viene produciendo en el campo de la informática es el abandono en los estudios universitarios de ciertos lenguajes de programación a favor de otros más demandados por empresas locales, nos referimos al lenguaje C frente al Java, jamás se debería de haber dejado de impartir C en las escuelas de informática, pero es que además sí se debería de dar Java, este es el típico caso en el que se deberían haber aumentado los contenidos y no de dejar de dar unos frente a otros. Un profesional informático, sin dominar C, no podrá hacer prácticamente nada a nivel de Sistema Operativo y casi nada en sistemas empotrados, pero como en España no tenemos fabricantes de este tipo de cosas, pero sí de páginas web y aplicaciones Java, lo importante es este último y se abandona el primero. Pero es que precisamente esa carencia estructural se perpetúa en cuanto quitamos los contenidos necesarios para que los profesionales tengan algunas ideas nuevas en campos no explotados hasta ahora en nuestro entorno.

En la asignatura de TM se pretende romper con estas tendencias, para ello se actualizan los contenidos aunque esto suponga que el alumno tenga que abarcar más; por el contrario también se intenta, apoyándonos en nuevas metodologías docentes, que al alumno le sea más fácil asimilar esos contenidos en constante crecimiento.

1.2. Los antecedentes

La asignatura TM, tiene como objetivo principal, y entre sus competencias, mostrar cómo se realizan desarrollos con microcontroladores, de forma que el alumno en su futuro profesional pueda utilizarlo en sus diseños. Esta asignatura se encuentra bastante influenciada por los problemas apuntados en el apartado anterior. Desde hace unos años y, sobre todo, a través de un proyecto de renovación de metodologías docentes llevado a cabo en cursos pasados, hemos optado por dar en las clases de teoría los fundamentos de la materia y utilizar las prácticas para adecuarse al progreso tecnológico. El resultado ha sido que las prácticas aumentan cada año en complejidad, teniendo el alumno que dedicar varias sesiones de prácticas para llegar a un resultado que medianamente se aproxime a lo que es usual en cualquier entorno informático e incluso en el hogar. Por ejemplo, una de las materias que se imparte en dicha asignatura, y que ha demostrado a lo largo de estos años que es muy interesante para el futuro profesional del alumno, es el desarrollo de dispositivos basado en USB. Este bus está tan extendido que en principio parecería que es fácil diseñar dispositivos para él, pero la realidad es

que ha llegado a un grado de complejidad que precisa del manejo de una gran cantidad de información y de numerosas “destrezas” para poder diseñar dispositivos USB (en informática “facilidad de uso” no equivale a “facilidad de diseño”, suele ocurrir al contrario). De las 30 horas de laboratorio (para el alumno) de que dispone la asignatura de TM, 15 se dedicaban a la realización de prácticas basadas en dicho bus. Pero el principal problema de estas prácticas radica en que las sesiones de laboratorio son excesivamente cortas para que el alumno llegue a captar o a realizar un diseño tan complejo. Por otra parte, debido a que los laboratorios deben “rotar”, ya que el material es utilizado por numerosos grupos de alumnos, no se pueden realizar prácticas complejas que requieran que dicho material quede “cautivo” (sin que pueda utilizarlo otro grupo).

Para resolver este problema incorporamos en el curso 2007/08 la metodología del Aprendizaje por Proyectos (ApP), esta metodología está ampliamente documentada (tanto en internet como en diversos libros y artículos), de hecho la propia convocatoria del PRMD la propone como prioritaria.

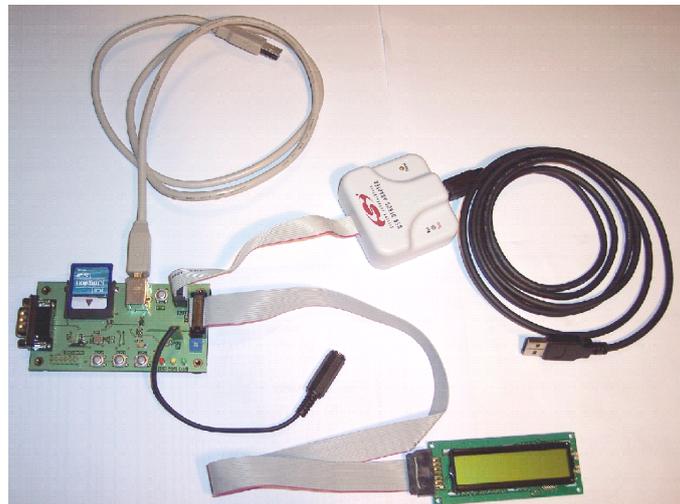
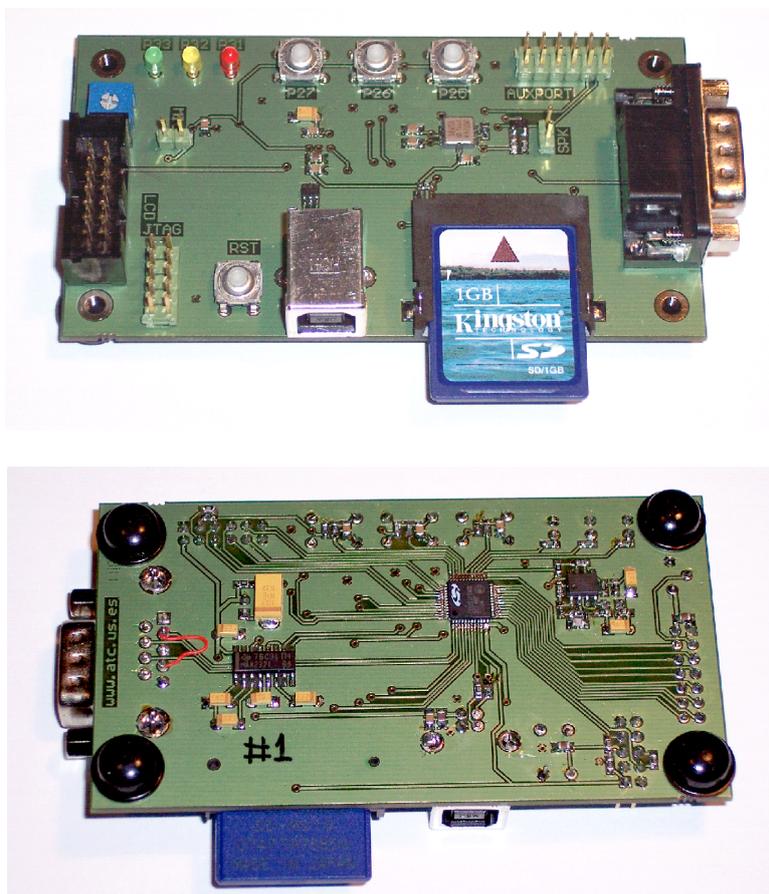


Figura 1: Sistema completo para el ApP diseñado en el curso 2007/08



Figuras 2 y 3: Vista superior e inferior de la placa desarrollada para el ApP, curso 2007/08

En nuestro caso el alumno se lleva el material a casa (mostrado en las fotografías) y desarrolla proyectos con dicho material, dedicando una parte de las horas de laboratorio a explicar los proyectos y a realizar su seguimiento. La principal ventaja de la metodología ApP con respecto a las prácticas tradicionales es la “continuidad”, de forma que el alumno puede desarrollar el trabajo a su ritmo hasta conseguir el objetivo final. El cual, por supuesto, estará más próximo a la realidad que encuentra en su entorno, o en su futuro trabajo profesional, con respecto a lo que se puede hacer en una práctica de laboratorio. Por otra parte, no deseamos hacer que el alumno “trabaje” mucho más de lo que tiene asignado esta asignatura en

créditos ECTS, lo que pretendemos es aprovechar la parte “no presencial” y la de laboratorio, coordinando ambas, para lograr unos objetivos de aprendizaje que realmente sean útiles al alumno y abarquen el máximo contenido posible

1.3. Los contenidos son importantes, pero ¿cómo enseñar a tener nuevas ideas y desarrollar nuevos productos?

La innovación es un vocablo de moda en nuestro país debido a la necesidad de un cambio estructural en el tejido productivo. Como venimos apuntando en este trabajo el estudio en profundidad de la tecnología es fundamental para que la innovación se produzca, y dicho estudio

sólo se puede realizar si en los temarios de las asignaturas se tratan con suficiente profundidad dichas materias como para que podamos, al menos, recrear y fabricar lo que cualquiera encuentra en el mercado tecnológico actual. Si no sabemos hacer desde cero un ratón óptico ¿acaso puedes pretender tener otras ideas, de algo más complejo?

Pero una vez conocida en profundidad la tecnología actual ¿puede surgir la innovación de forma espontánea? ¿se puede enseñar a crear nuevas cosas? Esto parece difícil, ya que es imposible de sistematizar el proceso de creación de una nueva idea. Sin embargo, sí podemos hacer que los alumnos lo intente y propongan nuevos diseños con objeto de llevarlos a la práctica, incluso desarrollar lo que sería un nuevo producto comercial. En este trabajo se muestra una ampliación de la metodología basada en ApP, aplicada a la asignatura de TM, en la que los proyectos son propuestos por los alumnos, de forma que ellos se hacen sus propios dispositivos, premiándose a aquellos con ideas innovadoras. Un posible ejemplo a seguir son algunas asignaturas de Proyectos en el ámbito de la arquitectura, al alumno se le enseñan las técnicas para construir, pero se le entrena en la creación nueva, realmente el arquitecto realiza una obra nueva cada vez que proyecta un edificio, lo cual es un esfuerzo de imaginación que se entrena durante la carrera. Algo parecido es lo que se propone, es subir un escalón más: normalmente el profesor propone el problema y el alumno lo resuelve, aquí hablamos de que el alumno proponga el problema y lo resuelva con la tecnología que conoce, siendo el problema un nuevo producto.

2. Objetivos

Con respecto a la mejora docente en la asignatura de TM confluyen cuatro objetivos de índole diversa:

- Proporcionarle al alumno la oportunidad de aprender en profundidad el diseño con microcontroladores, y eso a pesar de la amplitud de contenidos que requiere la materia. Como se ha comentado se trata de sacar el máximo partido a la parte no presencial que nos viene dada por la incorporación al EEES. Esto prácticamente se

consiguió con la primera convocatoria del PRMD [4].

- Incitar al alumno a que una vez conocida la tecnología desarrolle nuevos productos o proyectos con perspectiva de comercialización (aunque sea de forma virtual). Se trata de que el alumno realice unos miniproyectos fijos propuestos por el profesor, pero que además proponga sobre el papel otros proyectos que sean innovadores y esté dispuesto a realizar. Estos proyectos los puede llevar a la práctica de forma voluntaria el propio alumno con ayuda de los profesores.
- Que los costes de material para el desarrollo de este tipo de experiencia no recaigan directamente en la universidad. Si tenemos en cuenta que además al 40% de los alumnos les hubiera gustado quedarse con el material que se les presta, cabría pensar que hay un cierto número de alumnos dispuestos a gastar parte de su dinero en disponer para ellos de este tipo de tecnología, algunos incluso lo llegan a ver como un entretenimiento además de una inversión en su futuro profesional. Se trata de que el alumno compre por su cuenta los componentes (relativamente baratos) y que utilizando el material de laboratorio ya disponible y, bajo la supervisión y asesoramiento de los profesores, monten su propio sistema. Siendo además premiado el mejor proyecto propuesto por los alumnos con que los componentes son costeados por el propio departamento (a parte de mejorar la nota el alumno).
- Mejorar la confianza del alumno en que puede innovar y desarrollar nuevos productos, ser creativos y que no se trata siempre de hacer o diseñar aquello que ha pensado otro.

3. Metodología

El aprendizaje basado en problemas o proyectos (ABP, también de las siglas en inglés, PBL) está tratado ampliamente en numerosos trabajos [3,4,5]. A pesar de que es una metodología relativamente nueva ha demostrado ser eficaz en la enseñanza de las más diversas ramas de conocimiento [5], pero en particular su aplicación en las carreras técnicas viene demostrando ser especialmente provechosa [6,7].

Cuando se menciona esta metodología en numerosas ocasiones cambiamos proyecto por problema y viceversa, llegando a tratar ambos términos como sinónimos cuando no lo son. En principio la metodología siempre es la misma, que se utilice una u otra denominación creemos que se debe al contexto donde se lleva a cabo y del tamaño del problema/proyecto que se plantea. Dentro de las ingenierías, y siempre que se trate de un trabajo práctico amplio, es probable que se utilice el vocablo proyecto en lugar de problema. Esto entronca además con los clásicos proyectos fin de carrera de las ingenierías o la arquitectura, con los que encontramos una cierta similitud con respecto a la metodología PBL, sobre todo en lo que se refiere a su carácter transversal.

Por otra parte, la materia sobre la que trata este trabajo ha crecido de importancia con los años. Los microcontroladores se han convertido en dispositivos fundamentales en la mayoría de diseños electrónicos. Es por ello que cada vez hay más asignaturas dedicadas a esta materia en todas las universidades. La enseñanza de los microcontroladores debe ser eminentemente práctica. Como en toda materia, hay un núcleo común teórico, pero, si pretendemos formar a un diseñador, es necesario que el alumno realice numerosos proyectos prácticos lo más aproximados a la “realidad industrial”. En este sentido la metodología que sin lugar a dudas se adapta mejor a este tipo de materia es la PBL. Lo cual no ha pasado desapercibido a los educadores; ya en 1997 se utilizaba expresamente esta metodología para la enseñanza de microcontroladores [8].

La implantación del sistema ECTS, con la división de las horas de trabajo del alumno en presenciales y no presenciales, determina que gran parte de la formación del mismo se deba realizar fuera de las aulas y laboratorios. En este caso la aplicación de la metodología PBL en la mayoría de las ocasiones recae sobre la parte no presencial. Esto determina que numerosos docentes opten por proponer proyectos o problemas que no requieran de un material costoso, o simplemente pueda resolverse con un ordenador y conexión a internet. El problema surge cuando se pretende dar una docencia práctica que precisa cierto material específico, la solución menos costosa, y bastante eficaz, es usar simuladores. Pero si lo que queremos es que de verdad el alumno se instruya

con un sistema real podemos proponer dos tipos de soluciones:

1. Habilitar laboratorios como si fueran “salas de estudio”, donde el alumno disponga libremente del material [8].
2. Proporcionar al alumno el material necesario para que desarrolle los proyectos donde quiera.

Normalmente la opción a elegir dependerá del coste final de cada una de ellas. En la mayoría de los casos se opta por la primera opción, y si se elige la segunda, es repercutiendo el coste al alumno. Por ejemplo, en el Georgia Tech (USA) la propia librería de la institución vendía hace años, junto con el libro de la asignatura [9], el entrenador fabricado por Motorola para que el alumno hiciese los ejercicios por su cuenta.

Como es evidente, el principal problema de utilizar PBL para el aprendizaje de los microcontroladores, como en tantos otros casos, es el coste.

Pero precisamente los microcontroladores han llegado a un nivel en su evolución que permite la fabricación de equipos de desarrollo y entrenamiento a un coste bastante reducido. En este sentido no parece descabellado pensar que el alumno pudiera asumir dicho coste, como se ha hecho siempre, por ejemplo, con el material de dibujo. Sin embargo, nuestro entorno no permite tal extremo de forma universal. Es por ello que durante el curso 2007/08 se hizo un sistema de diseño y construcción propia (financiado con la primera convocatoria del PRMD) que pudiera ser prestado al alumno, de forma que su coste no repercutiera directamente en el mismo y, además, pudiera ser reutilizado y, por tanto, amortizado en varios cursos por parte de la Universidad.

El ApP es una metodología fácilmente adaptable para que se entrene el alumno en la innovación y la creación. Una vez realizados algunos miniproyectos que se correspondan con productos comerciales, es fácil que al alumno se le ocurran muchísimas más aplicaciones de la tecnología que estudia. En los microcontroladores esto es especialmente fructífero, a los alumnos se les ocurren ideas que van desde medir velocidades con ratones ópticos (usando el “flujo óptico”) hasta tener mandos a distancia para el televisor con sensores de movimiento (acelerómetros tipo Wii). El problema principal es que no queda tiempo para poder llevar a cabo la mayoría de los

proyectos propuestos por los alumnos. Esto se debe en parte a que seguimos dedicando durante el curso demasiado tiempo a las prácticas tradicionales y a los miniproyectos de PRMD. Lo que se ha hecho es que se les ha dado la oportunidad a algunos alumnos de llevar a cabo su idea como Proyecto Final de Carrera. Ha habido alumnos que se han comprado el material para hacerlo ya que pretenden quedarse después con los resultados materiales del proyecto.

Para el curso 2010/11 se plantea mejorar la carga temporal de forma que de las 30 horas de prácticas presenciales se distribuirán así: 14 serán de prácticas tradicionales, 8 de seguimiento de los miniproyectos propuestos por los profesores (realizados en horas no presenciales) y 8 de estudio y seguimiento de los proyectos propuestos por los propios alumnos (realizados en horas no presenciales).

4. Resultados

El préstamo del material desarrollado bajo la primera convocatoria del PRMD se está llevando a cabo de forma habitual en cada nuevo curso sin incidencias. Hemos podido comprobar que en general resulta una forma eficaz de aumentar la dedicación del alumno a la asignatura y de que capte muchos más contenidos consiguiendo los objetivos de aprendizaje. No ha supuesto un excesivo problema el hecho de que el alumno deba dedicar más tiempo a la asignatura, por ser TM una asignatura optativa y tener alumnos motivados. Una de las claves principales para tener éxito en este tipo de metodologías es que el alumno perciba que el tiempo que dedica a la asignatura es provechoso: les sirve para aprender y aprobar.

De los cuatro cursos que se llevan prestando el material sólo un alumno se ha quedado con él sin devolverlo, habiéndose realizado ya más de 200 préstamos. Además hasta la fecha cinco alumnos han solicitado ayuda y han montado sus propios equipos.

Con respecto a que los alumnos propongan nuevas ideas basadas en lo estudiado en los miniproyectos, esto se empezó a hacer durante el curso 2008/9 de forma parcial, mezclando la asignatura de TM con la de Proyecto Final de Carrera, de manera que los proyectos propuestos por alumnos, considerados viables y de suficiente

envergadura, se han empezado a realizar con objeto de presentarlos como Proyectos Fin de Carrera. En cierta forma, la adopción de proyectos propuestos por los alumnos para la realización del Proyecto Final de Carrera no es nueva, se viene haciendo desde hace años. Y en particular con proyectos basados en microcontroladores con perspectivas empresariales/comerciales (hay proyectos finales de carrera basados en microcontroladores y propuestos por los alumnos de nuestro centro que han tenido un cierto éxito comercial). En la actualidad (2010/11) una parte significativa de TM se basa precisamente en que el alumno proponga nuevas aplicaciones con los microcontroladores. Para ello, los alumnos deben realizar un trabajo durante el curso en el que propondrán sus ideas de nuevos productos, haciendo un estudio aproximado de costes y mercado para dicho producto (no es objeto de esta asignatura este tipo de estudios pero es conveniente, aunque sea de forma testimonial, que el alumno sepa la importancia de estos dos aspectos), finalmente deben realizar un prototipo, aunque sea de forma parcial, si el proyecto es excesivamente ambicioso.

5. Conclusiones

Es muy importante que en las materias que sufren un cambio continuo desde el punto de vista tecnológico se mantengan actualizados los contenidos, aunque ello suponga aumentar temarios. La innovación metodológica debe emplearse para facilitar el trabajo de aprendizaje del alumno, compensando la mayor carga de los contenidos con facilidad a la hora de adquirir los mismos. Si queremos que haya innovación no podemos dedicarnos a entrenar al alumno exclusivamente en lo que demanda el tejido productivo actual de nuestro país, puesto que sus necesidades se basan en una estructura local y obsoleta, en su mayor parte. Es importante que en las materias que se presten a ello por su contenido se empiece a preguntar a los alumnos qué harían con lo que saben, y se incite a la innovación.

Como resultado de nuestra experiencia, podemos concluir que todo lo expuesto aquí hace trabajar a alumnos y profesores mucho más, con lo que sólo alumnos y profesores fuertemente motivados pueden tener éxito en este tipo de esfuerzos. Como estos cambios se realizan por

iniciativa del profesor, es natural que estos estén motivados en principio, el problema surge cuando los alumnos se enfrentan a trabajos y dificultades crecientes, hay siempre un cierto porcentaje del alumnado al que le resulta difícil seguir el ritmo, y que acaba desmotivando al profesorado, al mismo tiempo que retrasa los planes previstos para el resto de alumnos. Para evitar esto, y siendo optativa la asignatura, debe dejarse claro al alumno desde el principio que se le va pedir un gran esfuerzo, esto hace que muchos alumnos acaben desistiendo de matricularse de la asignatura, pero como recompensa los alumnos matriculados suelen ser los verdaderamente interesados. En estos niveles, tan importante es la motivación del alumno como la del profesor, ambos son adultos maduros que han elegido a qué dedican su tiempo.

En este marco podemos comprobar como en TM ha ido disminuyendo el número de alumnos matriculados en los dos últimos cursos, en parte es una tendencia generalizada en toda la universidad, pero en nuestro caso también es consecuencia de concienciar al alumno de lo que le espera si se matricula. Esto favorece que el alumnado de TM esté especialmente motivado e interesado.

Por último cabe destacar que desde la universidad se suele dar mucha importancia a la innovación docente frente a la de contenidos, por ser esta última muy difícil de tener en consideración, siendo además la necesidad de innovación en contenidos limitada a ciertos tipos de carreras y estudios, con lo que se olvida la importancia de la misma para mantener el conocimiento actualizado. Creemos que de la misma forma que hay un plan de renovación de metodologías docentes, en ciertos centros, debería dotarse un plan para la renovación y actualización de contenidos.

Agradecimientos

La experiencia que se muestra en este trabajo ha sido financiada por el proyecto VULCANO (TEC2009-10639-C04-02) y por el Plan de Renovación de las Metodologías Docentes 2007 (PRMD) de la Universidad de Sevilla.

Referencias

[1] Valero-García, M. Navarro, J. *FAQ sobre la docencia centrada en el*

aprendizaje. <http://epsc.upc.edu/~miguel%20valero/contingut3.html>.

- [2] Universidad de Sevilla.(2007) *Plan de Renovación Metodologías Docentes 2007*. <http://www.institucional.us.es/planrenovación>
- [3] Civit, A. Jimenez, G. Diaz, F. y otros (2008). Innovación docente: ¿Metodología o Contenidos? XVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET), Cádiz.
- [4] Jimenez, G. Jimenez, A. Senhadji R. y otros (2008) Aprendizaje por proyectos en la enseñanza de los microcontroladores. XVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET), Cádiz.
- [5] Markham T. (2003) Project Based Learning, a guide to Standard-focused Project based learning for middle and high school teachers. Buck Institute for Education.
- [6] Solomon G. (2003) Project Based Learning: a Primer, Technology a Learning, vol. 23, num. 6.
- [7] Dolamns H. y otros. (2005) Problem-based learning: future challenges for educational practice and research. Blackwell Publishing. Medical Education.
- [8] Montero J.M. y otros. (2004) Herramientas automáticas de apoyo al aprendizaje y evaluación en asignaturas basadas en proyectos. XII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET), Barcelona.
- [9] Del Canto Rodrigo P. y otros. (2007) Aprender a programar ordenadores mediante una metodología basada en proyectos. XV Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET), Valladolid
- [10] Hedley M. Barrie S. (1998) An undergraduate microcontroller systems laboratory. IEEE Transactions on Education, Volume: 41, Issue: 4.
- [11] Peatman J. B. (1998) Design with Microcontrollers, Mcgraw-Hill