

Aprendizaje Basado en Proyectos en cuatro asignaturas. Desarrollo de un robot explorador para localización de astronautas en apuros

Aitor Vázquez¹, Germán León², Jesús A. López-Fernández², Manuel Arrebola², Luis A. Oliveira³ y Manuel Arias¹

Universidad de Oviedo. ^{1,2}Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, de Computadores y Sistemas.

¹Área de Tecnología Electrónica. Grupo de Sistemas Electrónicos de Alimentación (SEA).

²Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones.

³Departamento de Ingeniería Informática. Área de Ingeniería Telemática.

Edificio Departamental nº 3. Campus Universitario de Viesques. 33204 Gijón. España

vazquezaitor@uniovi.es

Resumen— En este artículo se presenta la experiencia docente resultante de coordinar cuatro asignaturas del Máster Universitario de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad de Oviedo para lograr que los alumnos trabajen en un único proyecto de gran envergadura: un robot capaz de localizar y desplazarse hasta la posición de una radiobaliza, almacenar datos del camino seguido, enviarlos a una estación base, y poder reconstruir con ellos el trayecto que ha seguido y determinar su posición final. El desarrollo de este robot se plantea con un aprendizaje basado en proyectos coordinado. El objetivo del mismo es el de desarrollar las competencias comunes de las cuatro asignaturas, así como dar cabida a aquellas competencias particulares de cada una de ellas. Para ello, se hace uso del carácter multidisciplinar de un robot y del planteamiento como proyecto global y común. Por otro lado, también se fijan como objetivos secundarios el incrementar el nivel de motivación de los alumnos y el nivel de satisfacción con el aprendizaje.

Palabras clave— Aprendizaje basado en proyectos, coordinación docente, innovación docente, Ingeniería de Telecomunicación.

I. INTRODUCCIÓN

LA Ingeniería de Telecomunicación ha evolucionado drásticamente en las últimas décadas. Desde la definición más clásica, la de aquella persona cualificada para hacer uso de los campos electromagnéticos para lograr un sistema de comunicaciones, hasta la más abierta de hoy en día, que abarca tanto la gestión de proyectos (común para las ramas de ingeniería), pasando por el desarrollo de aplicaciones software hasta la gestión de energía eléctrica. Por lo general, puede dividirse la Ingeniería de Telecomunicación cuatro grandes bloques temáticos: las comunicaciones (herederos de la definición más clásica), la electrónica, la telemática y sonido e imagen. A modo de resumen, en la Fig. 1 se muestra un

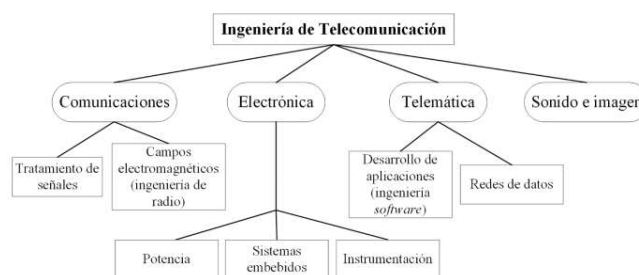


Fig. 1. Diagrama de los principales bloques temáticos en la Ingeniería de Telecomunicación.

diagrama en árbol de estos bloques temáticos con sus principales especialidades.

En el caso particular de la Universidad de Oviedo, los estudios de Ingeniería de Telecomunicación se dividen en un grado (Grado en Ingeniería en Tecnologías y Servicios de Telecomunicación) y un máster oficial (Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación). Los estudios de grado habilitan las competencias profesionales de la Ingeniería Técnica de Telecomunicación y están focalizados en uno de los bloques temáticos mencionados con anterioridad [1]. Cabe mencionar que en la Universidad de Oviedo no se imparte la mención de Sonido e Imagen quedando relegados, por lo tanto, los itinerarios estudios de grado a la especialidad de Comunicaciones, Electrónica o Telemática. En el caso del máster, estos estudios habilitan las competencias profesionales de la Ingeniería de Telecomunicación y tienen un carácter más generalista, con una visión más multidisciplinar de los tres bloques temáticos mencionados anteriormente [2]. Tiene una duración de dos años (120 ECTS). Durante los tres primeros semestres se imparten todas las asignaturas del Máster, mientras que en el cuarto semestre los alumnos se centran en la realización de prácticas en empresa y en su Trabajo Fin de Máster (TFM). En el tercer semestre se imparten 6 asignaturas,

4 de las cuales tienen carácter transversal, la integración de sistemas, pero concretadas de manera específica en cada uno de los bloques temáticos citadas anteriormente. Estas asignaturas son las de Integración de Sistemas de Comunicaciones (ISC), Integración de Sistemas de Radiolocalización (ISR), Integración de Sistemas Electrónicos (ISE) e Integración de Sistemas Telemáticos (IST). A excepción de la primera asignatura ISC que tiene una carga de 7,5 ECTS, las tres asignaturas restantes poseen la misma dedicación docente e igual a 4,5 ECTS. Como se ha mencionado anteriormente, estas cuatro asignaturas comparten una serie de competencias generales, todas referidas a la integración de sistemas. Como es lógico, cada asignatura también tiene una serie de competencias particulares que no comparte con el resto (un ejemplo sería la capacidad de diseño y fabricación de placas de circuito impreso, resultado del aprendizaje de la asignatura de ISE). Hasta el presente curso 2018-2019, estas cuatro asignaturas se impartían de manera independiente siguiendo distintas metodologías docentes, más próximas a las clases expositivas clásicas combinadas con sesiones de prácticas. Cabe mencionar que las cuatro asignaturas se imparten durante el primer semestre del segundo curso (es decir, entre septiembre y diciembre). Los alumnos reflejaron su disconformidad con la metodología seguida en cada una de las asignaturas. Las distintas comisiones docentes del máster propusieron varias alternativas para tratar de mejorar esta docencia, entre las que resultó vencedora tras sopesar las distintas opciones, la propuesta de realizar una metodología de aprendizaje basado en proyectos (PBL de su término en inglés *Project Based Learning*) de manera conjunta para las cuatro asignaturas.

La metodología PBL no es, ni mucho menos, novedosa. Pueden encontrarse multitud de ejemplos de esta metodología, siendo bien conocidas sus fortalezas y sus inconvenientes. Un primer argumento muy claro para utilizar esta metodología es la capacidad de desarrollo de competencias transversales, como las que pueden encontrarse en [3]-[6]. Más concretamente, en estos tres trabajos se pone de manifiesto el desarrollo de competencias de aprendizaje autónomo, capacidad de innovación, capacidad de resolución de problemas o capacidad de relacionarse en un equipo de trabajo, por citar las más importantes. Estas competencias se identifican como esenciales en la vida laboral de cualquier ingeniero. Tanto es así, que muchas de ellas ya se han citado en las competencias comunes compartidas por las cuatro asignaturas.

Un segundo argumento para utilizar la metodología PBL es el hecho de la facilidad de adaptación de la misma a distintas asignaturas o currículos. Así, en [7] se plantea esta metodología con pequeños mini-proyectos a desarrollar por un grupo muy reducido de estudiantes y muy acotados en el tiempo. En [8] se enfatizan las mejoras particulares en las competencias de aprendizaje colaborativo mediante el desarrollo de PBL en la gestión de proyectos de ingeniería. En [9] se emplea esta metodología para el mundo de la Ingeniería Eléctrica para un currículo mucho más extenso, tanto en número de estudiantes, como en el tiempo, puesto que abarca todas las asignaturas de esta rama del conocimiento durante la carrera.

Pese a esta facilidad de adaptación a distintos currículos, el

objetivo de este proyecto de innovación docente no era otro que el de lograr el desarrollo de las competencias tanto comunes como particulares de cuatro asignaturas. Por lo tanto, se tomaron como referencias aquellas metodologías de PBL explícitamente ubicadas en el ámbito de los tres bloques temáticos de la Ingeniería de Telecomunicación (comunicaciones, electrónica y telemática). Un primer planteamiento hubiera podido ser llevar a cabo esta metodología para cada asignatura. Así, por ejemplo, en [10] se plantea una PBL específica para sistemas de radiolocalización, en [11] un PBL alrededor de la conversión de energía eléctrica y más concretamente de los sistemas de alimentación electrónicos y en [12] el uso de tutoriales inteligentes para una metodología PBL en ingeniería del *software*. Pese a las ventajas inherentes del desarrollo de metodologías PBL individuales por asignatura, existe un gran inconveniente a esta alternativa: se pierde la visión multidisciplinar y las competencias comunes. Más particularmente, se pierden todas las competencias de gestión de proyectos específicos de Ingeniería de Telecomunicación, relacionados íntimamente con la asignatura de ISC. Además de este inconveniente, es bien conocido que el principal problema de la metodología PBL es la complejidad o limitación temporal en la que pueda desarrollarse un proyecto funcional y llamativo y a la vez que resulte alcanzable por los alumnos.

Ante esta problemática cabrían dos soluciones: desarrollar una cuarta metodología de PBL con un proyecto genérico del ámbito de las telecomunicaciones (implantación del cableado estructurado, implantación de estaciones base, desarrollo de un sistema radar, etc.) o bien, buscar un proyecto global y multidisciplinar que permita desarrollar las competencias tanto globales como particulares de las cuatro asignaturas al completo. Alcanzado este punto, se pensó en una plataforma basada en un robot como proyecto marco. La idea original surge como una iniciativa docente ya planteada durante varios años por la NASA. El objetivo de aquélla era motivar a los jóvenes a plantear retos tecnológicos para el desarrollo de pequeños *rover* de exploración [13] y [14]. Estos proyectos tienen un carácter multidisciplinar claro: un robot ha de desplazarse, ha de ser autónomo, ha de extraer energía para poder moverse, ha de comunicarse, etc. Por otro lado, son muchos y muy diversos los ejemplos de metodologías PBL aplicadas al desarrollo de robots. Tómese como ejemplo los trabajos [15]-[17], donde se enfatiza precisamente el carácter multidisciplinar de los mismos. Sin embargo, un robot propiamente dicho no es el mejor ejemplo de sistema de telecomunicación al uso. En este caso, debe prestarse especial cuidado a que los retos tecnológicos se centren en las partes de señales, electrónica y telemática. En este sentido, puede encontrarse un ejemplo de adaptación de robots al ámbito de las telecomunicaciones en [18], en donde los sistemas de comunicaciones juegan un papel fundamental en el desarrollo del proyecto.

Siguiendo la propuesta de este último trabajo, aquí se ha planteado un robot centrado en el ámbito de la exploración en el que los sistemas de radiolocalización, de recopilación y envío de información y de gestión de la energía sean críticos, para dar cabida a cada una de las asignaturas. También se enfatiza la

integración de cada uno de estos subsistemas, permitiendo así integrar la cuarta asignatura de ISC.

Este artículo se ha organizado conforme a la siguiente estructura. En la Sección II se presenta la metodología desarrollada, analizando primero el plan de trabajo seguido y detallando después la descripción específica de la misma. La evaluación de la metodología seguida y los principales resultados obtenidos se resumen en la Sección III. Por último, las principales conclusiones obtenidas tras el desarrollo de esta propuesta docente se recogen en la Sección IV.

II. METODOLOGÍA UTILIZADA

A. Plan de trabajo

El plan de trabajo desarrollado puede verse en el esquema de la Fig. 2 se ha dividido en las siguientes tareas:

1. Coordinación.

Para llevar a cabo la metodología implantada, se plantearon una serie de reuniones de coordinación antes, durante y tras la consecución del proyecto. En cada una se analizaban distintos factores. Así:

a. Reuniones previas.

En estas reuniones se establecieron la división de los subsistemas que compondrían el robot de acuerdo con los planes docentes de cada una de las cuatro asignaturas, atendiendo también a las competencias tanto comunes como particulares de cada una de las asignaturas que iban a ser cubiertas por el desarrollo del robot. Además, también se fijaron unos criterios comunes para la evaluación del proyecto, si bien cabe destacar que cada asignatura tenía una evaluación independiente, con pesos independientes.

b. Reuniones durante la ejecución.

El objetivo de estas reuniones era el de localizar las fuentes potenciales de posibles errores en la integración global del robot y tratar de plantear soluciones a dichos errores.

c. Reuniones tras la ejecución.

Tras la consecución del proyecto, estas reuniones tuvieron como objetivo el de recopilar los principales puntos fuertes y debilidades destacadas en la fase de evaluación de la metodología. En base a estos indicios, se plantean las mejoras a introducir en la metodología para los siguientes cursos.

2. Planteamiento del proyecto y establecimiento de objetivos

En esta fase, de duración muy limitada en el tiempo (apenas dos semanas) se les planteaba a los estudiantes un esbozo del proyecto general, con cada una de sus partes y unos objetivos generales de funcionamiento. Se les planteaba que propusieran soluciones a los retos tecnológicos establecidos en los objetivos sin ayuda previa, para, una vez finalizada esta fase, proponer la solución alcanzada durante las reuniones de coordinación por parte del profesorado.

3. Seguimiento y cronograma de tareas para cada subsistema

Durante esta fase y una vez planteada una posible solución a los estudiantes, se les proponía un conjunto de tareas que debían llevarse a cabo durante la ejecución del proyecto. Durante esta fase, el profesorado debía realizar el

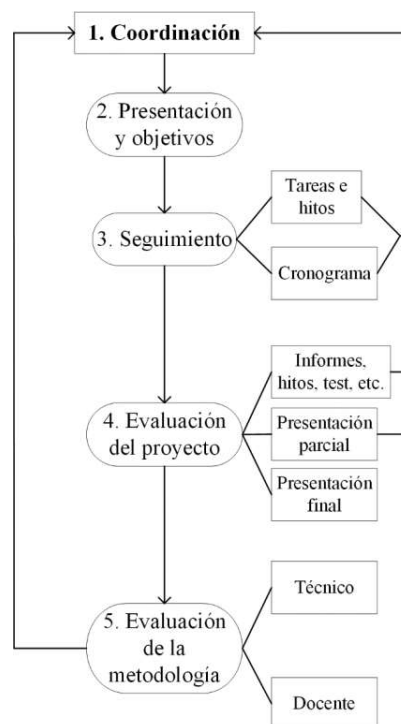


Fig. 2. Flujograma del plan de trabajo seguido.

seguimiento de las tareas por parte de los grupos de trabajo, supervisando la consecución de hitos y dando a conocer al resto de profesores durante las reuniones de coordinación los avances alcanzados por los estudiantes.

4. Evaluación del proyecto

Pese al seguimiento de los hitos y tareas alcanzados, en esta fase se evalúa el proyecto conjunto desarrollado por los estudiantes. Cada asignatura evalúa su subsistema y las cuatro asignaturas se encargan de evaluar coordinadamente el proyecto conjunto. Forma parte de esta fase la evaluación independiente de cada asignatura (mediante la entrega de informes o pequeños test de control), así como dos presentaciones globales por cada grupo de estudiantes. Una de dichas presentaciones se fija a mitad de desarrollo del mismo y sirve como punto de control en el seguimiento y coordinación del proyecto. La segunda presentación conjunta se realiza durante la última semana planificada y sirve de demostración del proyecto desarrollado.

5. Evaluación de la metodología

La última fase del plan de trabajo consiste en una evaluación de la metodología desarrollada. Para ello, son los estudiantes quienes aportan una valoración de la experiencia, tanto a nivel técnico (principales problemas, soluciones encontradas, mejoras, ampliaciones, etc.) como a nivel docente (puntos débiles en la coordinación, cambios en la planificación, carga de trabajo, etc.). Para ello, se realizan tanto entrevistas personales como encuestas anónimas para recabar esta información. Las fortalezas y debilidades identificadas en esta fase son las que se utilizan en la última reunión de coordinación una vez finalizada la metodología como mejora para futuros cursos.

B. Descripción de la metodología

La metodología desarrollada se ha basado en un PBL coordinado con las cuatro asignaturas mencionadas con anterioridad. Para ello, se utiliza plantea como plataforma de desarrollo un robot de rescate para astronautas. El robot tiene como objetivo fundamental localizar a un astronauta herido que activa una radiobaliza. El robot debe poder desplazarse autónomamente desde un punto de origen dado y llegar hasta el astronauta valiéndose únicamente de la radiobaliza, tal y como se muestra a modo de ejemplo en la Fig. 5. Como objetivos secundarios, se fijan los siguientes: que el robot transmita vía Wi-Fi una serie de magnitudes físicas que ha de medir durante el trayecto, como son la luminosidad, la temperatura, la posición utilizando un G.P.S. o la humedad, que dichos datos se almacenen remotamente en una estación base (es decir, en un ordenador) que actúe como servidor. También se fijan unas posibles ampliaciones a este funcionamiento básico: que el robot pueda ser telecomandado desde la estación base (es decir, que sea controlado remotamente mediante el ordenador por Wi-Fi), que se muestre la información recopilada por los sensores en distinto formato en una página web, con un histórico y una visualización en tiempo real y que se desarrolle una aplicación móvil con las funcionalidades de la estación base.

Para el desarrollo del proyecto, se agrupan a los estudiantes en grupos de un máximo de 4 personas. Debe mencionarse que en el presente curso esta metodología fue llevada a cabo por 7 estudiantes, dando lugar a dos grupos de tres y cuatro personas respectivamente. En cada grupo, se fija además un responsable encargado de comunicarse con los profesores en nombre del resto de miembros del grupo. Como punto de partida, a cada grupo se le suministra un chasis de un robot, que incluye estructura básica, motores y orugas, siendo diferente este chasis para cada grupo. En la fase de planteamiento del proyecto, se les suministra a los grupos un esquema simplificado de cada una de las partes que componen los subsistemas del robot, tal y como puede apreciarse en la Fig. 3. Cada subsistema refleja cada una de las cuatro asignaturas, electrónica, telemática, radiolocalización e integración de comunicaciones. En base a este esquema general y los objetivos expuestos, ambos grupos han de proponer un esbozo de posible solución al problema durante las primeras dos semanas.

Es muy importante destacar que la metodología desarrollada, pese a ser una coordinación de cuatro asignaturas, la evaluación y el desarrollo de los resultados del aprendizaje siguen siendo individuales para cada una de ellas. Tanto es así que en cada asignatura hay aspectos que quedan fuera del desarrollo de la metodología y que han de evaluarse siguiendo otras



Fig. 5. Ejemplo de utilización del robot. A la izquierda de la captura puede verse a un alumno sujetando la radiobaliza.

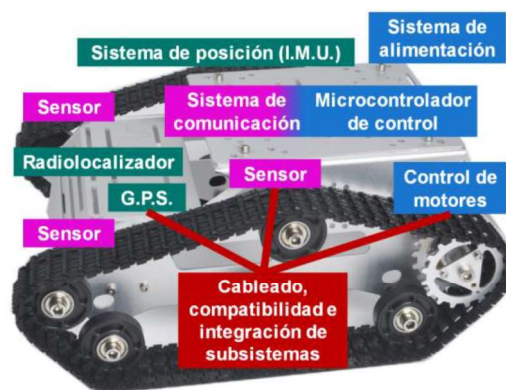


Fig. 3. Chasis y subsistemas del robot. En verde, los subsistemas de ISR, en azul ISE, en rosa IST y en rojo ISC.

metodologías. Pese al esfuerzo por intentar que el PBL desarrollado fuera lo más multidisciplinar posible, hay aspectos que tienen difícil cabida en el desarrollo de un robot. A modo de ejemplo puede citarse la normativa específica de inyección de armónicos en redes de distribución de alterna, perteneciente a la asignatura ISE. Si bien la fuente principal de energía del robot son unas baterías y estas se cargan desde la red de alterna, se ha considerado como excesivo el diseño y construcción de dicho cargador, por lo que este aspecto concreto de normativa queda fuera del desarrollo del robot.

Finalizada la fase de planteamiento, se concreta la solución y cada subsistema, con cada una de las partes que han de elaborar ambos grupos y un cronograma con las tareas principales a cumplir. Las tareas, los cuatro subsistemas avanzan de manera paralela y lo más coordinadamente posible. Durante la fase de seguimiento y desarrollo, la organización docente se ha basado en una pequeña introducción teórica a la parte del subsistema a desarrollar, seguida de una sesión de prácticas de laboratorio donde los miembros de cada grupo debían diseñar, implementar y probar cada parte de cada subsistema tratando de resolver de manera autónoma los problemas encontrados. La labor del profesor durante estas sesiones era la de introducir los aspectos críticos a tener en cuenta, supervisar el desarrollo de las tareas y aconsejar sobre las posibles soluciones planteadas a los problemas identificados. En el cronograma de tareas, se reservan las dos semanas finales para la integración de todos los subsistemas y para las pruebas del robot. Si bien cada subsistema puede ser funcional de manera independiente, la integración de todos ellos resulta determinante para la consecución del objetivo final. En este sentido, se enfatizó esta integración de los subsistemas y la coordinación entre las tareas

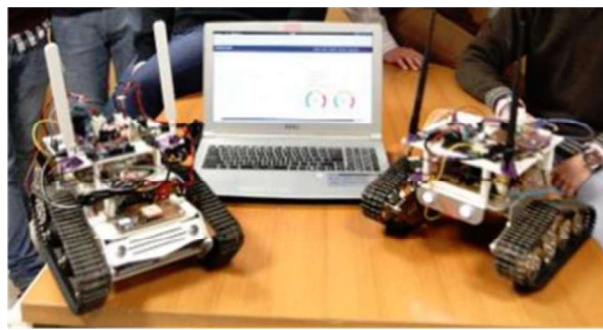


Fig. 4. Fotografía durante la fase de evaluación de los dos robots construidos por los alumnos y de la plataforma web.

LIBRO DE ACTAS - SAAEI 2019

realizadas en cada uno de ellos. Dicha integración desarrolla las competencias básicas y específicas comentadas en el apartado del marco teórico de esta memoria.

Durante la fase de evaluación, los grupos han de entregar documentación técnica diversa a cada profesor responsable de cada parte (informes, test, etc.) y deben realizar dos presentaciones conjunta de su prototipo construido: una de ellas intermedia y otra en la última semana. En la reunión intermedia deben identificar los principales problemas encontrados y las tareas realizadas con éxito y pendientes de cumplir. En la segunda, deben enfatizar las funcionalidades logradas y las soluciones adoptadas frente a los problemas observados. Durante estas presentaciones, el profesorado de las cuatro asignaturas interacciona con todos los miembros del grupo no solo sobre su subsistema en particular, sino sobre el robot en general, planteando preguntas y dudas.

III. RESULTADOS

A. Indicadores utilizados para la evaluación de la metodología

Los resultados cosechados por la metodología llevada a cabo se evalúan mediante dos indicadores. En el primero, se pondera la nota media de las cuatro asignaturas en comparación con los tres cursos académicos de impartición de la titulación. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 1.

El segundo indicador mide el grado de satisfacción del alumnado con la metodología seguida. Para ello, se ha realizado una encuesta anónima con varias preguntas cuyos resultados se muestran a continuación.

B. Observaciones

A la vista de los resultados mostrados en la Tabla 1, puede verse que el diferencial de la nota media de las cuatro asignaturas respecto a la de años anteriores siempre se sitúa por encima de un punto. De acuerdo con la escala fijada de antemano para este indicador, esto ratifica la metodología como satisfactoria. Sin embargo, cabe aclarar que las notas medias de años anteriores eran relativamente elevadas (todas se situaban en un notable bajo, por encima de los 7 puntos). Por lo tanto, era esperable que la mejora cosechada difícilmente podría superar los dos puntos. Por otro lado, cabe mencionar que la tendencia en las notas medias de cursos anteriores era claramente descendente, indicando la existencia de algún problema en la metodología seguida hasta entonces; esta tendencia se ha visto interrumpida con la metodología propuesta durante este curso y se espera mantener la nota media en cursos venideros.

Tratando de encontrar una valoración más adecuada de la experiencia docente, puesto que las notas de evaluación no siempre son aclaratorias de la misma, se realizó una encuesta anónima a los estudiantes. En la Fig. 8 se resumen los resultados sobre la valoración individual de cada asignatura. Como puede observarse, tres de las asignaturas (ISC, ISR e ISE) reciben una valoración muy positiva. Tan solo una de las cuatro asignaturas, IST (Telemática), recibe una valoración media o negativa. De manera complementaria a esta valoración, se pidió a los

TABLA I. NOTA MEDIA ALCANZADA EN EL PRESENTE CURSO COMPARADA CON LOS ANTERIORES.

Curso	Nota media	Alumnos	Diferencial
18-19	8,8	7	-
17-18	7,25	14	1,55
16-17	7,45	11	1,35
15-16	7,65	14	1,15
Promedio			1,35

alumnos que indicasen el aspecto más positivo y negativo en cada asignatura sobre la metodología desarrollada. En cuanto al aspecto más positivo en todas las asignaturas se destaca el aprendizaje autónomo y el desarrollo de competencias de manera práctica. Los aspectos negativos resultan variados, pero casi todos se centran en detalles técnicos fácilmente solucionables en otras realizaciones de la metodología (soportes físicos, cableado, guía para la integración, etc.). En particular, el aspecto más negativo destacado en la asignatura IST figura la ausencia de una definición clara de los requisitos iniciales. Esto, unido a que el currículo de IST es, quizás, el más amplio en comparación con el resto de asignaturas, daría una explicación a los resultados no tan positivos comentados en la valoración anterior.

Por último, en la Fig. 9 se muestran los resultados de la valoración de los estudiantes del proyecto coordinado de manera global. Como puede verse, en todos los aspectos preguntados los resultados son buenos y muy buenos. En particular, son especialmente relevantes los resultados de las preguntas 6, 7 y 8, sobre la motivación con el desarrollo del robot, la satisfacción con el aprendizaje y la recomendación por repetir esta metodología, que se valoran casi por unanimidad como muy positivos.

IV. CONCLUSIONES Y VALORACIÓN

La metodología PBL aquí implantada parte de una base conocida, que es la utilización de un robot como herramienta multidisciplinar para el desarrollo de competencias, pero se amplía notablemente con la coordinación entre cuatro asignaturas diferentes. La valoración global del proyecto es muy positiva. El objetivo primordial por el que se desarrolló esta metodología (el desarrollo de las competencias comunes a las cuatro asignaturas y, de manera simultánea, que pudiera

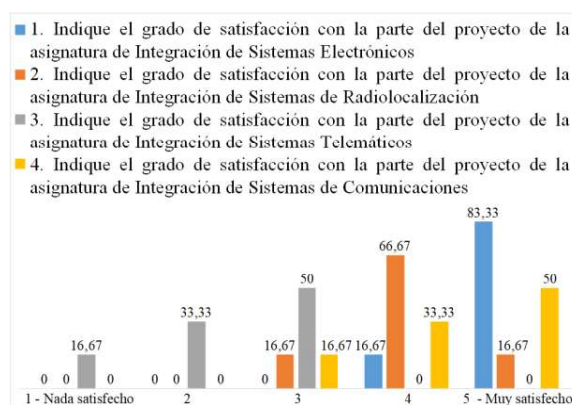


Fig. 6. Resultados de la encuesta relativa al grado de satisfacción independiente en cada asignatura.

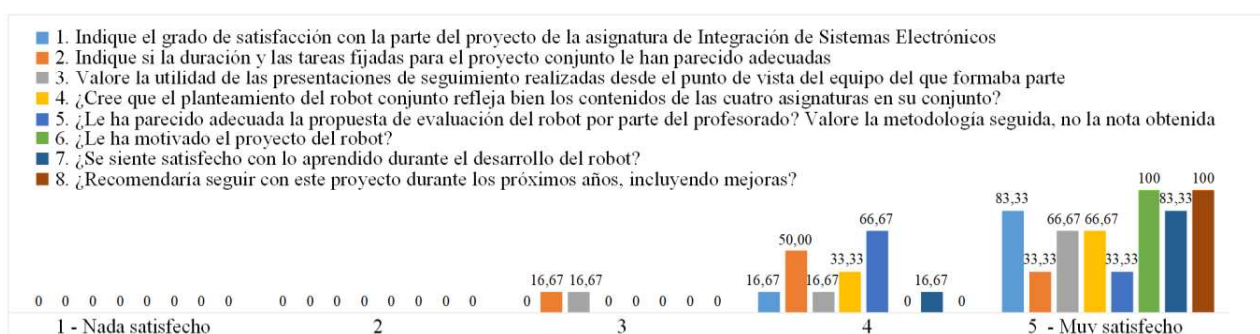


Fig. 7. Resultados de la encuesta relativa al grado de satisfacción independiente en cada asignatura.

desarrollar también las particulares de cada una, aunado todo ello con una mejora en la motivación del alumnado) se ha visto totalmente conseguido, teniendo en cuenta los resultados obtenidos.

En cuanto a estos últimos, ha habido una mejora considerable en la nota media obtenida por parte del alumnado, con un cambio de tendencia claro en comparación con los años anteriores, así como un nivel muy alto de satisfacción con la metodología desarrollada. Pese a estos aspectos positivos, no deben pasarse por alto los aspectos más negativos. Por un lado, se ha detectado que la definición de los requisitos y la concreción en la tareas y temáticas de cada asignatura resulta un aspecto crítico para lograr la realización de las competencias y la satisfacción en el aprendizaje. Por otro, el hecho de que haya competencias y temáticas curriculares que no están plenamente cubiertas por la metodología también ponen en riesgo el éxito de la misma, puesto que puede ser visto por el alumnado como una sobrecarga de tareas o de trabajo.

En este sentido, se proponen como posibles medidas de mejora un incremento en las reuniones previas de coordinación, en las que puedan definirse de manera más concreta los objetivos y adaptarlos de manera más clara con los contenidos temáticos de cada asignatura. Por otro lado, se tratará de intensificar y ampliar la flexibilidad del robot para que pueda dar cabida a aquellos aspectos y competencias no cubiertas durante su desarrollo en este curso lectivo. Pese a ello, muchas de ellas tienen difícil acomodo (especialmente aquellas ligadas a la normativa) y conllevarán una dedicación adicional tanto por parte del profesorado como por parte del alumnado.

REFERENCIAS

- [1] Memoria de verificación del Grado en Ingeniería en Tecnología y Servicios de Telecomunicación de la Universidad de Oviedo. [En línea]: http://calidad.uniovi.es/c/document_library/get_file?p_l_id=2535716&folderId=4003749&name=DLFE-54735.pdf. [Último acceso: febrero 2019].
- [2] Memoria de verificación del Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad de Oviedo. [En línea]: http://calidad.uniovi.es/c/document_library/get_file?p_l_id=2535716&folderId=4003753&name=DLFE-64389.pdf. [Último acceso: febrero 2019].
- [3] R. Bierwolf, "Project excellence or failure? Doing is the best kind of learning," in *IEEE Engineering Management Review*, vol. 44, no. 2, pp. 26-32, Second Quarter 2016.
- [4] Bernie Trilling, Charles Fadel, Sep 2009, "21st Century Skills: Learning for Life in Our Times", Jossey-Bas/John Wiley & Sons, ISBN: 978-0-47055391-6.
- [5] P. A. Sanger and J. Ziyatdinova, "Project based learning: Real world experiential projects creating the 21st century engineer," 2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL), Dubai, 2014, pp. 541-544.
- [6] B. Johnson and R. Ulseth, "Professional competency attainment in a project based learning curriculum: A comparison of project based learning to traditional engineering education," 2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings, Madrid, 2014, pp. 1-4.
- [7] V. Leite, "Innovative learning in engineering education: Experimenting with short-term project-oriented research and project-based learning," 2017 IEEE 26th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Edinburgh, 2017, pp. 1555-1560.
- [8] K. Kemavuthanon, "Integrated E-project collaborative management system: Empirical study for problem-based learning project," 2017 9th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), Phuket, 2017, pp. 1-5.
- [9] A. Iturregi, E. Mate, D. M. Larruskain, O. Abarategui and A. Etxegarai, "Work in progress: Project-based learning for electrical engineering," 2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Athens, 2017, pp. 464-467.
- [10] U. Hernandez-Jayo, J. López-Garde and J. E. Rodríguez-Seco, "Addressing Electronic Communications System Learning Through a Radar-Based Active Learning Project," in *IEEE Transactions on Education*, vol. 58, no. 4, pp. 269-275, Nov. 2015.
- [11] F. Martínez-Rodrigo, L. C. Herrero-De Lucas, S. de Pablo and A. B. Rey-Boue, "Using PBL to Improve Educational Outcomes and Student Satisfaction in the Teaching of DC/DC and DC/AC Converters," in *IEEE Transactions on Education*, vol. 60, no. 3, pp. 229-237, Aug. 2017.
- [12] V. Krishnamoorthy, B. Appasamy and C. Scaffidi, "Using Intelligent Tutors to Teach Students How APIs Are Used for Software Engineering in Practice," in *IEEE Transactions on Education*, vol. 56, no. 3, pp. 355-363, Aug. 2013.
- [13] Brian J. Sauser, Richard R. Reilly, Aaron J. Shenhar, Dec 2015, "Why Projects Fail? How Contingency Theory Can Provide New Insights—A Comparative Analysis of NASA's Mars Climate Orbiter Loss", *IEEE EMR Vol. 43, No 4, ISSN 0360-8581*.
- [14] «NASA rover challenge.» Página web de la NASA dedicada a la enseñanza con rovers y robots de exploración. [En línea]. URL: <https://www.nasa.gov/roverchallenge/home/index.html>. [Último acceso: febrero. 2019].
- [15] D. J. Cappelleri and N. Vitoroulis, "The Robotic Decathlon: Project-Based Learning Labs and Curriculum Design for an Introductory Robotics Course," in *IEEE Transactions on Education*, vol. 56, no. 1, pp. 73-81, Feb. 2013.
- [16] H. Hassan, C. Domínguez, J. Martínez, A. Perles, J. Capella and J. Albaladejo, "A Multidisciplinary PBL Robot Control Project in Automation and Electronic Engineering," in *IEEE Transactions on Education*, vol. 58, no. 3, pp. 167-172, Aug. 2015.
- [17] M. Garduño-Aparicio, J. Rodríguez-Reséndiz, G. Macías-Bobadilla and S. Thenozhi, "A Multidisciplinary Industrial Robot Approach for Teaching Mechatronics-Related Courses," in *IEEE Transactions on Education*, vol. 61, no. 1, pp. 55-62, Feb. 2018.
- [18] H. Aliakbarian et al., "Implementation of a Project-Based Telecommunications Engineering Design Course," in *IEEE Transactions on Education*, vol. 57, no. 1, pp. 25-33, Feb. 2014.