

# Aprendizaje basado en proyectos en el ámbito de la Ingeniería de la Salud: desarrollo de sistemas para la rehabilitación y la ayuda a la discapacidad

L. Duran-Lopez, D. Gutierrez-Galan, E. Cerezuela-Escudero, A. Rios-Navarro  
J. P. Dominguez-Morales

Dpto. Arquitectura y Tecnología de Computadores

Universidad de Sevilla

41012 Sevilla

jpdominguez@atc.us.es

## Resumen

El reciente Grado en Ingeniería de la Salud se originó con el planteamiento de cubrir la carencia de conocimiento sobre la rama sanitaria de un Ingeniero Informático. Es en dicho grado donde, de forma optativa, el alumno cursa la asignatura Sistemas de Rehabilitación y Ayuda a la Discapacidad, que tiene un papel fundamental para el diseño de sistemas enfocados tanto a la rehabilitación como a proveer facilidades a pacientes con ciertas dificultades. En este artículo se describe la metodología de las prácticas de laboratorio para la docencia en dicha asignatura, la cual se basa en el concepto de aprendizaje basado en proyectos. Las distintas sesiones de laboratorio se reparten en dos bloques, diferenciando entre sesiones de introducción a ciertos contenidos y dispositivos hardware, y un gran bloque donde los alumnos desarrollan un proyecto de rehabilitación o ayuda a la discapacidad con los conocimientos adquiridos, que posteriormente documentan en formato artículo. Esta dinámica ha conseguido una gran acogida y ha incrementado la motivación de los alumnos, llevando a muchos a desarrollar un Trabajo Fin de Grado relacionado con la asignatura. La dinámica propuesta tiene un papel fundamental en futuros Ingenieros de la Salud tanto a nivel de aprendizaje como a nivel laboral.

## Abstract

The recently created Degree in Health Engineering was originated from the idea of covering the need of knowledge related to Computer Engineering within the healthcare industry. In this degree, last-year students can take an optional subject titled Rehabilitation and Disability aid systems, which has a fundamental role for the design of systems focused on both rehabilitation and providing support and aiding patients with certain

difficulties. This paper describes the methodology of this subject's lab classes, which are based on the concept of project-based learning methodology. The different laboratory sessions are divided into two blocks, differentiating between introductory sessions to fundamental contents and hardware devices, and a block where students develop a group project related to rehabilitation or disability aid with the concepts and knowledge acquired in the introductory session plus other literature research conducted by them, which is later documented using an IEEE manuscript template. This teaching approach has been very well received and has increased the motivation of the students, leading many of them to continue working in the same topic for their Final Degree Project. The proposed approach plays a key role in future Health Engineers both in terms of education and as a future field of employment.

## Palabras clave

Aprendizaje Basado en Proyectos, Ingeniería de la Salud, dinámica en sesiones prácticas, trabajo en grupo.

## 1. Introducción y motivación

La asignatura en la que se enmarca este trabajo, Sistemas de Rehabilitación y Ayuda a la Discapacidad (SRAD), se imparte en el cuarto curso dentro del plan de estudios del Grado en Ingeniería de la Salud. Este grado tuvo su origen en 2011, apoyado y propulsado por el Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech, formado por la Universidad de Málaga y la Universidad de Sevilla. El Grado en Ingeniería de la Salud en el que se sitúa el plan de estudios mencionado tiene como objetivo cubrir un perfil profesional básico que permita a los egresados acometer actividades orientadas a diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar siste-

mas, instalaciones y procesos en el ámbito de la Salud. Este grado está dividido en dos ciclos, que tienen lugar los dos primeros y los dos últimos años, respectivamente. El primer ciclo se trata de un ciclo común a todos los alumnos del grado, y reúne aquellas asignaturas de conocimiento transversal y que sientan las bases de lo que en el segundo ciclo será una formación mucho más específica. En particular, algunas asignaturas clave están relacionadas con contenidos relacionados con álgebra, cálculo, estadística, física y programación, las cuales son transversales a toda Ingeniería, aunque también se imparten otras más propias del grado en cuestión como aquellas relacionadas con biología, anatomía y fisiología. Sin embargo, es en el segundo ciclo donde un Ingeniero de la Salud escoge entre tres menciones, a elegir entre Ingeniería Biomédica, Informática Clínica y Bioinformática, donde se especializa en un determinado campo. En el caso de la mención en Ingeniería Biomédica, su perfil se encuentra más focalizado al de un Ingeniero de Hardware dentro del ámbito sanitario, focalizándose en diseño, desarrollo, y mantenimiento de sistemas de instrumentación, maquinaria y control de instalaciones en hospitales y todo tipo de centros sanitarios. Es en esta mención donde se encuentra la asignatura en la que nos centramos en este trabajo, la cual fomenta y promueve la formación en diseño para todos y en tecnologías de apoyo a la rehabilitación [7, 2, 3]. Dicha asignatura, la cual es optativa, tiene un papel fundamental para el diseño de sistemas enfocados tanto a la rehabilitación como a proveer facilidades a pacientes con ciertas dificultades, además de proveerle conocimientos con un fuerte impacto social y que pueden ayudar a definir el futuro laboral del estudiante. Debido a que la carga en horas de clases prácticas en esta asignatura es el doble que las asignadas a la teoría (3 créditos ECTS frente a 1.5 de teoría), los docentes dan a ésta un carácter eminentemente práctico, donde los alumnos trabajan y participan activamente en el laboratorio y desarrollan un proyecto real en equipo siguiendo la metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP) [4, 5, 8, 1], la cual fue introducida en el curso 2019/2020. Esta metodología ha demostrado ser eficaz a la hora de que los alumnos adquieran una serie de competencias transversales relacionadas con el trabajo y la comunicación en grupo, además de la capacidad de resolver problemas y situaciones que se planteen de forma colaborativa. En este artículo se describe la metodología de las prácticas de laboratorio para la docencia en dicha asignatura, y se aportan resultados tanto a nivel cuantitativo como cualitativo de la experiencia de los profesores durante los dos últimos cursos.

## 2. Estructura de los contenidos

Los contenidos prácticos de la asignatura complementan y afianzan los conceptos aprendidos en las clases magistrales, especialmente en las primeras sesiones de laboratorio. Dentro de los márgenes que permiten los planes de estudio y el programa docente, las clases prácticas ahondan y van un paso más allá de los conceptos estudiados en la teoría. En concreto, los contenidos de las sesiones de prácticas de la asignatura están estructurados de la siguiente forma:

- La primera sesión se centra en la accesibilidad web, donde se imparten conceptos básicos sobre diseño para todos dentro de este ámbito, los cuales se ven reforzados por los contenidos teóricos de la asignatura. En esta sesión los alumnos conocen distintas herramientas que reportan la calidad de la accesibilidad de un sitio web, dando indicios de qué elementos y decisiones son los más adecuados y porqué. Entre estas herramientas, los alumnos hacen uso de WAVE (Web Accessibility Evaluation Tool)<sup>1</sup> y Google Lighthouse<sup>2</sup>.
- La segunda sesión práctica se centra en una introducción a diferentes interfaces de entrada de las que un usuario puede hacer uso para controlar el ratón y el teclado del ordenador de forma accesible. Destacamos el uso de una webcam junto con el software Camera Mouse<sup>3</sup>, el teclado en pantalla tanto en el modo por defecto como en modo scan, un micrófono con el que poder dar órdenes al asistente personal del sistema operativo, y un dispositivo de eye tracking [6] como Tobii 4C<sup>4</sup>.
- La tercera sesión acerca a los estudiantes al desarrollo de un sistema final que puede ser orientado tanto a una aplicación directa a rehabilitación como a accesibilidad y control del ordenador por gestos. Para ello, se hace uso del dispositivo Leap Motion<sup>5</sup>. Se les aporta un proyecto base en Visual Studio para que, utilizando C#, la librería del dispositivo y una serie de directrices sean capaces de desarrollar un sistema que permita manejar y hacer click del ratón gracias al movimiento de la mano en el aire.
- Las sesiones que abarcan desde la cuarta hasta la penúltima (9 sesiones en total) están orientadas al proyecto de la asignatura. Es aquí donde los profesores aplican la metodología ABP, de forma que los alumnos sean capaces de desarrollar y documentar un proyecto o sistema relacionado con los contenidos vistos en la asignatura.

<sup>1</sup><https://wave.webaim.org>

<sup>2</sup><https://developers.google.com/web/tools/lighthouse>

<sup>3</sup><http://www.cameramouse.org>

<sup>4</sup><https://www.tobii.com>

<sup>5</sup><https://www.ultraleap.com>

La última sesión práctica está destinada a la presentación de dichos proyectos, donde los alumnos deben demostrar el trabajo realizado y defenderlo ante un tribunal formado por los profesores de la asignatura. A continuación se explicará en detalle la metodología docente de las sesiones prácticas, donde se hará especial hincapié en las sesiones destinadas al proyecto.

### 3. Metodología docente

Las distintas sesiones prácticas de la asignatura pueden dividirse en dos bloques principales: un primer bloque que correspondería a las tres primeras sesiones, y un segundo bloque, que correspondería al proyecto final de la asignatura. En el caso del primero, la metodología aplicada para el desarrollo de las prácticas consiste en proporcionar a los estudiantes un boletín que contiene una introducción teórica y una serie de hitos a conseguir. En esas sesiones, el profesor introduce los contenidos y guía a los estudiantes por las diferentes herramientas o dispositivos que necesitan. Sumando esto a los hitos conseguidos durante las dos horas de cada práctica, las cuales son meramente presenciales, cada alumno desarrolla una memoria entregable fuera del aula y que, entre todas, supone un 20 % de la evaluación continua de la asignatura.

El segundo bloque anteriormente mencionado es donde se aplica directamente la metodología ABP. En la primera sesión se explica el workflow que se seguirá durante las sesiones, además de dar a conocer el inventario de material del cual se dispone y que los alumnos pueden solicitar para la realización del proyecto. Este puede ser realizado por una persona, aunque siempre se aconseja que se realice en grupos de no más de 3-4 personas. Los alumnos documentarán el desarrollo del proyecto en una memoria con formato paper de la editorial IEEE, además de presentarlo oralmente ante clase, un tribunal lo evaluará, otorgando una nota tanto a la memoria como a la presentación, que dan lugar a un 45 % de la nota de la asignatura en la evaluación continua. Junto a esto, se les pide, una vez tengan la idea definida, realizar un elevator pitch para dar a conocer su idea al resto de estudiantes y así poder establecer relaciones entre grupos que usen tecnologías similares.

El workflow establecido divide de forma orientativa a las sesiones prácticas, a las que los alumnos deben acudir, asociadas al proyecto en los siguientes puntos:

- Elección de tecnología y revisión del estado del arte: 4 horas. Los alumnos deciden el proyecto a realizar y buscan información sobre el estado del arte al respecto.
- Diseño y desarrollo del proyecto/prototipo: 8 horas. Los alumnos desarrollan y documentan el proyecto.

- Diseño de test y pruebas: 2 horas. Los alumnos realizan y documentan una serie de pruebas al sistema para demostrar su correcto funcionamiento.
- Preparación de la presentación: 2 horas. Los alumnos preparan una presentación que resume el proyecto desarrollado en 10 minutos.
- Presentación oral del trabajo. La última sesión se dedica a que cada grupo exponga su proyecto, donde un tribunal formado por los profesores de la asignatura lo evalúan y hacen preguntas.

Cada semana, los alumnos asisten a clase para trabajar en grupo, siendo supervisados por el profesor, al que pueden consultar los problemas o dudas que surjan durante el desarrollo. Fuera del aula de prácticas, se espera un trabajo por parte del alumno de 45 horas totales, que incluyen tanto el tiempo dedicado a las memorias individuales correspondientes al primer bloque práctico, como al desarrollo y documentación del proyecto grupal. El 35 % de la evaluación alternativa corresponde a un examen de los contenidos teóricos de la asignatura.

### 4. Resultados obtenidos

Con la metodología descrita en anteriores secciones se ha logrado una mejoría en la calidad de la docencia y de los resultados de los alumnos, que pueden verse reflejados tanto de forma cuantitativa como cualitativa en diversos factores.

En primer lugar, las notas finales de los alumnos en el curso 2020/2021 han mejorado frente a las del curso anterior. Mientras que en el curso 2019/2020 la nota media era de un 7.70, este curso la nota media pasa a ser de sobresaliente (9.13), teniendo en cuenta que se han seguido los mismos mecanismos de evaluación y seguimiento, aunque adaptados a la situación de semipresencialidad debida a la COVID-19. La Figura 1 refleja el histograma con las notas medias finales tanto para el curso actual como para el anterior. Son muchos los alumnos que se han matriculado este curso gracias a las recomendaciones de antiguos alumnos de la asignatura. Esto provoca una motivación de base por parte de los alumnos que, al conocer la dinámica de la asignatura a través de estas recomendaciones, les hace idear proyectos mucho más interesantes y de mayor calibre como trabajo final. Estos datos cualitativos pudieron ser recogidos gracias a una encuesta de satisfacción anónima realizada al final del curso donde los alumnos puntuaban del 1 al 5 (siendo 5 la nota más alta y 1 la más baja) los siguientes campos: interés por la asignatura, concordancia con el proceso de evaluación, satisfacción con la metodología docente, relevancia de la asignatura dentro de la especialidad, y posibilidad de recomendar la asignatura. Esta encuesta dio como

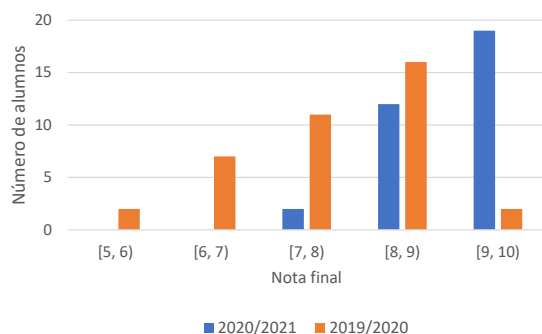


Figura 1: Histograma de la evolución de las notas finales de la asignatura SRAD entre los cursos 2019/2020 y 2020/2021.

resultado los siguientes resultados medios: 4.38, 4.72, 4.81, 4.02, y 4.54, respectivamente.

A pesar de la situación actual, son muchos los alumnos que han decidido hacer proyectos muy ambiciosos y que incluso podrían haberse tratado de forma individual como Trabajos Fin de Grado (TFGs). Esta motivación se ha visto reflejada en un incremento de las tutorías solicitadas por los alumnos y en no conformarse con el proyecto mínimo viable para obtener la nota suficiente con la que aprobar. Esto, de nuevo, se ve claramente en las notas mostradas en la Figura 1.

Mientras que el año pasado fueron 3 los alumnos que mostraron inquietud en ampliar el trabajo de la asignatura de cara a realizar su TFG, este año ha aumentado a 6 alumnos, lo que supone un 18 % de la clase frente al 7.9 % correspondiente en el año anterior.

## 5. Conclusiones

En este trabajo se recoge y presenta la metodología de aprendizaje basado en proyectos aplicada a la docencia en las sesiones prácticas de la asignatura SRAD, la cual se imparte dentro de la mención en Ingeniería Biomédica del Grado en Ingeniería de la Salud. En estas sesiones los alumnos llevan a cabo un proyecto en grupo centrado en los contenidos de la asignatura y en el que desarrollan un sistema orientado a la rehabilitación de un paciente o a la ayuda a la accesibilidad de un grupo de usuarios con cierta discapacidad. Los proyectos son realizados de forma grupal por parte de los alumnos, apoyándose en la tutorización de los profesores, lo cual refuerza habilidades y competencias transversales como el trabajo en grupo, la comunicación entre los miembros y el autoaprendizaje. Los informes cualitativos llevados a cabo reflejan una muy alta motivación e implicación por parte de los alumnos, que ven en esta asignatura un espacio para aprender nuevas tecnologías que puedan serles de utilidad en su futuro laboral dentro del ámbito sanitario. El enfoque de in-

vestigación que se le pide a los estudiantes les acerca, por otro lado, a dicho mundo, abriéndoles las puertas al recientemente creado Máster en Ingeniería Biomédica y Salud Digital. En cuanto a la evaluación cuantitativa, la alta implicación de los alumnos se ve reflejada en notas que en ningún caso bajan del notable y donde el número de suspensos en evaluación alternativa ha sido de cero alumnos. Los trabajos realizados en la asignatura han dado lugar a numerosos Trabajos Fin de Grado, cuya calidad se ve incrementada al haber sido tutorizados desde el primer cuatrimestre, donde se imparte la asignatura que se trata en este artículo.

Los conocimientos adquiridos en la asignatura abren a los alumnos muchas puertas en el ámbito laboral, especialmente aquellos centrados en sistemas de rehabilitación. Son muchas las empresas que están desarrollando sistemas robóticos y prótesis impresas en 3D para la rehabilitación de miembros superiores e inferiores. La metodología de trabajo llevada a cabo en la asignatura, centrada en conseguir una prueba de concepto de un producto final, introduce de lleno al estudiante en la filosofía de trabajo en equipo de una empresa, donde las distintas partes colaboran y unifican el trabajo de cara a dar una solución conjunta.

## Referencias

- [1] Elena Cerezuela-Escudero et al. Aprendizaje basado en proyectos: implementación de interfaces gráficas para microcontroladores ARM. *JENUI*, 2014.
- [2] John Clarkson and other. Inclusive design: Design for the whole population. *Springer Science & Business Media*, 2013.
- [3] Albert Cook and Janice Miller Polgar. *Assistive technologies-e-book: principles and practice*. Elsevier Health Sciences, 2014.
- [4] Diana Dolmans et al. Problem-based learning: Future challenges for educational practice and research. *Medical education*, 39(7):732–741, 2005.
- [5] Barbara Duch, Susan Groh, and Deborah Allen. *The power of problem-based learning: a practical "how to" for teaching undergraduate courses in any discipline*. Stylus Publishing, LLC., 2001.
- [6] Päivi Majaranta. *Gaze Interaction and Applications of Eye Tracking: Advances in Assistive Technologies: Advances in Assistive Technologies*. IGI Global, 2011.
- [7] Marcia Scherer and Rob Glueckauf. Assessing the benefits of assistive technologies for activities and participation. *Rehabilitation Psychology*, 50(2):132, 2005.
- [8] Gwen Solomon. Project-based learning: A primer. *Technology and learning-dayton-*, 23(6):20–20, 2003.