



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Memorias del Programa de Redes de investigación en docencia universitaria

Convocatoria
2021-22

Memòries del Programa de Xarxes de investigació en docència universitària

Convocatòria
2021-22

Satorre Cuerda, Rosana (Coordinación)
Menargues Marcilla, María Asunción; Díez Ros, Rocío; Pellín Buades, Neus (Eds.)

UA

UNIVERSITAT D'ALACANT
UNIVERSIDAD DE ALICANTE
Vicerectorat de Transformació Digital
Vicerrectorado de Transformación Digital
Institut de Ciències de l'Educació
Instituto de Ciencias de la Educación

Memorias del Programa de Redes de investigación en docencia universitaria. Convocatoria 2021-22 / Memòries del Programa de Xarxes d'investigació en docència universitària. Convocatòria 2021-22

Organització: Institut de Ciències de l'Educació (Vicerectorat de Transformació Digital) de la Universitat d'Alacant/ Organización: Instituto de Ciencias de la Educación (Vicerrectorado de Transformación Digital) de la Universidad de Alicante

Edició / Edición: Rosana Satorre Cuerda (Coord.), Asunción Menargues Marcilla, Rocío Díez Ros, Neus Pellin Buades

Revisió i maquetació: ICE de la Universitat d'Alacant/ Revisión y maquetación: ICE de la Universidad de Alicante

Primera edició / Primera edición: desembre 2022

© De l'edició/ De la edición: Rosana Satorre Cuerda, Asunción Menargues Marcilla, Rocío Díez Ros & Neus Pellin Buades

© Del text: les autores i autors / Del texto: las autoras y autores

© D'aquesta edició: Universitat d'Alacant / De esta edición: Universidad de Alicante

ice@ua.es

Memorias del Programa de Redes de investigación en docencia universitaria. Convocatoria 2021-22 / Memòries del Programa de Xarxes d'investigació en docència universitària. Convocatòria 2021-22

© 2022 by Universitat d'Alacant / Universidad de Alicante is licensed under CC BY-NC-ND 4.0

ISBN: 978-84-09-45382-5

Qualsevol forma de reproducció, distribució, comunicació pública o transformació d'aquesta obra només pot ser realitzada amb l'autorització dels seus titulars, llevat de les excepcions previstes per la llei. Adreceu-vos a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necessiteu fotocopiar o escanejar algun fragment d'aquesta obra. / Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Producció: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / Producción: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante

Aquesta publicació s'ha fet seguint les directrius d'accessibilitat UNE-EN 301549:2020 / Esta publicación se ha hecho siguiendo las directrices de accesibilidad UNE-EN 301549:2020.

EDITORIAL: Les opinions i continguts dels treballs publicats en aquesta obra són de responsabilitat exclusiva de les autores i dels autors. / Las opiniones y contenidos de los trabajos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de las autoras y de los autores.

22. Exoforge: Laboratorio docente interdisciplinar para desarrollo de proyectos en tecnologías asistivas

A. Úbeda Castellanos¹; G.J. García Gómez¹; J. Pomares Baeza¹, C.A. Jara Bravo¹, V. Morell Giménez¹, J.L. Ramón Carretero¹, M.J. Blanes Payá², L. Bernat Iborra¹, Á. Alepuz Jerez¹

andres.ubeda@ua.es; gjgg@ua.es; jpomares@ua.es; carlos.jara@ua.es; vicente.morell@ua.es; jl.ramon@ua.es; mjose.blanes@ua.es; lbi5@alu.ua.es; aaj24@alu.ua.es

¹Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal

²Servicio de Informática

Universidad de Alicante

Resumen (Abstract)

El proyecto docente “Exoforge: Laboratorio docente interdisciplinar para desarrollo de proyectos en tecnologías asistivas” se plantea como una herramienta de formación complementaria para ingenieros e ingenieras en el ámbito de las tecnologías de la salud para cubrir esas necesidades desde una orientación multidisciplinar. Desde el punto de vista docente, este proyecto trata de abordar dos aspectos esenciales en la formación de futuros ingenieros que trabajen en el ámbito de las tecnologías asistivas: la multidisciplinariedad y la orientación laboral y el emprendimiento. Los resultados obtenidos han sido muy satisfactorios tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo.

Palabras clave: tecnologías asistivas, ABP, prácticas internas, emprendimiento, investigación

1. Introducción

1.1 Motivación del estudio

Hoy en día, el envejecimiento de la población y la prevalencia de enfermedades de origen neuromuscular hace cada vez más necesario el desarrollo de tecnologías que permitan mejorar la calidad de vida de esos usuarios y optimizar el proceso de rehabilitación física. El proyecto docente “Exoforge: Laboratorio docente interdisciplinar para desarrollo de proyectos en tecnologías asistivas” se plantea como una herramienta de formación complementaria para ingenieros e ingenieras en el ámbito de las tecnologías de la salud para cubrir esas necesidades desde una orientación multidisciplinar. Desde el punto de vista docente, este proyecto trata de abordar dos aspectos esenciales en la formación de futuros ingenieros que trabajen en el ámbito de las tecnologías asistivas:

- La multidisciplinariedad, mediante la incorporación de alumnos de distintas titulaciones como la ingeniería robótica, la ingeniería biomédica o la ingeniería multimedia.
- La orientación laboral y el emprendimiento, mediante el desarrollo de proyectos con posibilidad de transferencia futura y útiles desde un punto de vista social.

1.2 Revisión de la literatura

La iniciativa Exoforge hace uso de metodologías de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) para potenciar el proceso de aprendizaje de los alumnos en un proyecto real con aspectos similares a los que puede encontrar en una empresa. El concepto de ABP se inició en el ámbito educativo rozando la década de los 70, cuando se propuso una forma alternativa de docencia donde se abandonaba la clase magistral por la resolución abierta de problemas y cuestiones con el fin de desarrollar las capacidades creativas de los alumnos (Postman y Wejngartner, 1969). Durante la década de los 70, el concepto de ABP se afianzó hasta nuestros días, cuando se considera uno de los métodos más adecuados de aprendizaje activo en instituciones educativas superiores (Guerra, Ulseth y Kolmos, 2017; Bittencourt, Diniz y Macedo, 2018; Guo et al., 2020). Con esta metodología, los alumnos asumen una mayor responsabilidad,

pero a la vez tienen libertad de decisión y acción para resolver el problema planteado.

Una de las principales ventajas del ABP es que se desarrolla en entornos tanto experimentales como reales. Este aspecto permite relacionar de forma más efectiva los conceptos teóricos en un marco práctico y realista. Además, es especialmente adecuado en actividades multidisciplinares, como el presente caso, al permitir combinar perspectivas de distintos ámbitos en la búsqueda de un objetivo común. ABP desarrolla múltiples competencias como el trabajo en equipo, la planificación de tareas, la comunicación y la creatividad (Powell y Weenk, 2003; Lima et al., 2007).

Actualmente, el uso de ABP está principalmente ligado al trabajo en asignaturas, ya sea de grado o máster, y son pocos los estudios que exploran esta metodología en el ámbito de las prácticas académicas (Johari y Bradshaw, 2008). Por tanto, esta experiencia supone una oportunidad de explorar las ventajas de ABP en la realización de proyectos de carácter multidisciplinar dentro de laboratorios universitarios.

1.3 Objetivos del estudio

- Desarrollar una experiencia de formación complementaria multidisciplinar para alumnos de últimos años de grado y alumnos de máster
- Proponer experiencias puente entre el ámbito educativo y el ámbito empresarial y de investigación
- Fomentar la innovación y el emprendimiento entre los estudiantes de las titulaciones de la Universidad de Alicante
- Abordar competencias generales como el trabajo en equipo, la toma de decisiones, la iniciativa personal y los valores sociales y competencias específicas de distintas ramas de conocimiento.

2. Métodos

2.1. Descripción del contexto y los participantes

La iniciativa Exoforge se ha desarrollado durante los dos últimos cursos docentes, 2020/2021 y 2021/2022. El perfil de los alumnos está principalmente centrado en la robótica (Grado en Ingeniería Robótica, Máster en Automática y Robótica), aunque también se han incorporado estudiantes de otras titulaciones

(Grado en Ingeniería Biomédica, Grado en Ingeniería Multimedia). La iniciativa se ha dividido en dos proyectos principales. El proyecto ARMIA (dispositivo vestible sensorizado para rehabilitación de miembro superior) se inició en el curso académico 2020/2021 y el proyecto ARES (exo esqueleto de bajo coste de miembro inferior) se inició en el curso académico 2021/2022. En las Tablas 1 y 2 se pueden ver los estudiantes que participaron en el proceso de selección y cuáles fueron finalmente seleccionados.

Tabla 1. Perfil de entrada de los estudiantes seleccionados en el curso académico 2020/2021

Titulación	Candidatos	Seleccionados
Grado en Ingeniería Robótica	15	5
Grado en Ingeniería Biomédica	8	2
Grado en Ingeniería Informática	1	0
Máster en Automática y Robótica	1	1

Tabla 2. Perfil de entrada de los estudiantes seleccionados en el curso 2021/2022

Titulación	Candidatos	Seleccionados
Grado en Ingeniería Robótica	12	6
Grado en Ingeniería Biomédica	6	4
Grado en Ingeniería Multimedia	3	2

2.2. Proyectos de Exoforge

Como se ha comentado en apartados anteriores, la iniciativa Exoforge consta, a día de hoy, de dos proyectos que se han ido desarrollando por los diferentes equipos de trabajo.

2.2.1. Proyecto ARMIA

El proyecto ARMIA consiste en una manga sensorizada que permite medir la cinemática y la actividad muscular del brazo de una persona durante la realización de movimientos. Para ello, se emplean sensores electromiográficos y sensores inerciales insertados en un textil que se ajusta a la morfología del brazo humano. En la Figura 1 se puede ver un prototipo del sistema. El

objetivo principal de este proyecto es disponer de un dispositivo que permita evaluar movimientos de rehabilitación motora en pacientes con enfermedades neuromusculares.

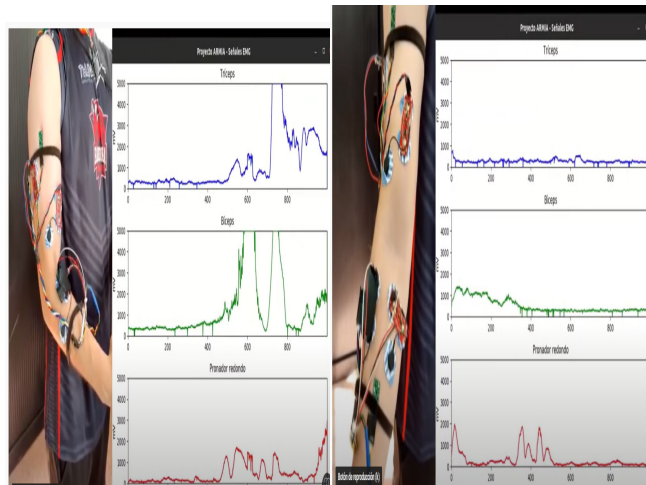


Figura 1. Prototipo inicial de ARMIA.

Durante el curso académico 2020/2021 el proyecto ARMIA se distribuyó en tres equipos de trabajo distintos:

- Equipo de diseño (2 estudiantes de Grado en Ingeniería Robótica, 1 estudiante de Máster en Automática y Robótica). Diseño e implementación del prototipo inicial.
- Equipo de software (3 estudiantes de Grado en Ingeniería Robótica). Implementación de la adquisición y comunicación del dispositivo.
- Equipo de neuromecánica (2 estudiantes de Grado en Ingeniería Biomédica). Estudio biomecánico a partir de la información de los sensores.

Durante el curso académico 2021/2022 el proyecto ARMIA se distribuyó en dos equipos de trabajo distintos:

- Equipo de diseño (1 estudiante de Grado en Ingeniería Robótica y 2 estudiantes de Grado en Ingeniería Biomédica). Adaptación del primer prototipo a una manga textil y estudio antropomórfico.
- Equipo de software (2 estudiantes de Grado en Ingeniería Multimedia). Diseño y desarrollo de serious games para la manga en realidad virtual.

2.2.2. Proyecto ARES

El proyecto ARES propone el diseño y desarrollo de un exoesqueleto de miembro inferior de bajo coste (Figura 2). Este dispositivo tiene como objetivo

atender a las necesidades de aquellos que necesitan mejorar su movilidad debido a la pérdida de la misma por algún tipo de lesión neuromuscular. El exoesqueleto integra sensores electromiográficos e inerciales para decodificar las intenciones motoras del paciente. Su diseño es ajustable en función de la morfología del paciente y utiliza un framework de comunicación abierto (ROS) para facilitar la modificación y mejora de sus características.

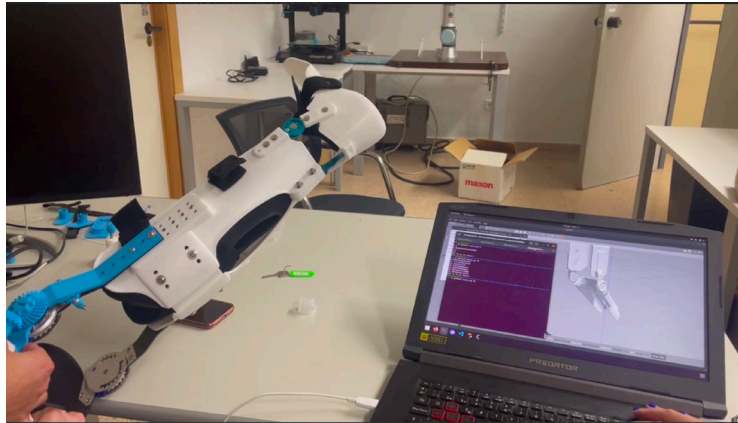


Figura 2. Prototipo inicial de ARES.

El proyecto ARES se ha iniciado en el curso académico 2021/2022 y se ha dividido en tres equipos:

- Equipo de diseño (2 estudiantes de Grado en Ingeniería Robótica). Impresión 3D de los elementos de la órtesis y adaptación a la misma del motor y la transmisión.
- Equipo de control y actuación (3 estudiantes de Grado en Ingeniería Robótica). Actuación del motor utilizado (Maxon) vía Ethercat y planificación de trayectorias.
- Equipo de neuromecánica (2 estudiantes de Grado en Ingeniería Biomédica). Estudio de la neuromecánica del miembro inferior y generación de patrones de movimiento.

2.3. Evaluación de la experiencia

Para evaluar la experiencia Exoforge se ha realizado una encuesta para que los estudiantes que han pasado por la iniciativa dieran su opinión sobre diversos aspectos relacionados con su utilidad, motivación, aprendizaje y posibilidades laborales de futuro (Figura 3). De los 20 estudiantes participantes, solo 11 respondieron a la encuesta.

Q1	¿Piensas que has aprendido algo participando en esta iniciativa?																	Sí	No
Q2	¿Has aplicado conceptos vistos en tu titulación en esta iniciativa?																	Sí	No
Q3	¿Piensas que el tiempo de duración de tus prácticas es suficiente para alcanzar los objetivos?																	Sí	No
Q4	¿Piensas que la tutorización por parte de los profesores es la adecuada?																	Sí	No
Q5	La participación en Exoforge me ha dado una idea de qué TFG/TFM quiero realizar																	Sí	No
Puntuación de 0 (nada) a 10 (mucho)																			
Q6	La metodología de trabajo de Exoforge me ha motivado	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Q7	La metodología de trabajo de Exoforge ha potenciado el trabajo en equipo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Q8	He aprendido a planificar en detalle las tareas a realizar dentro del proyecto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Q9	He aprendido a realizar un análisis previo de las tareas a realizar en el proyecto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Q10	He aprendido a buscar por mi cuenta información útil para el proyecto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Q11	He aprendido a trabajar en grupo y a participar activamente en él	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Q12	Estoy satisfecho con el trabajo realizado en mi grupo dentro de Exoforge	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Q13	Me ha gustado el ambiente de trabajo en Exoforge	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Q14	Estoy satisfecho con la cantidad de trabajo realizado en Exoforge	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Q15	Estoy satisfecho con las ideas que los otros integrantes de mi grupo han puesto sobre la mesa durante la realización del proyecto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Q16	Cuando alguien de mi grupo no entendía algo, los otros miembros le han ayudado	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Q17	Los miembros de mi grupo han preferido trabajar en equipo más que hacerlo individualmente	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Q18	Hacer mis prácticas en Exoforge me da una visión cercana a la realidad laboral	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							

Figura 3. Encuesta de satisfacción

3. Resultados

Tras analizar los resultados de la encuesta, se observa que la experiencia ha sido muy satisfactoria para la mayoría de los estudiantes. De hecho, para las cuestiones Q1-Q4, la totalidad de los encuestados contestan afirmativamente. En el caso de la cuestión Q5, más de la mitad (54,5%) contesta afirmativamente, lo que indica que muchos de los estudiantes involucrados en la iniciativa quieren seguir desarrollando su TFG o TFM en la línea de los proyectos desarrollados y, por tanto, se deduce que Exoforge ha influenciado positivamente esta decisión.

Respecto al resto de cuestiones, se dividen principalmente en dos aspectos: la opinión sobre el trabajo individual en Exoforge y la opinión sobre la cohesión y el funcionamiento del grupo. En la Figura 4 se muestran los resultados del primer bloque sobre las cuestiones Q6, Q8, Q9, Q10, Q14 y Q18. Las puntuaciones son siempre superiores a 5, siendo especialmente positivas en la cuestión Q14, que muestra que los alumnos están muy satisfechos con la carga de trabajo del proyecto. También se muestran resultados bastante positivos en cuanto a la percepción de la adquisición de competencias individuales en planificación y gestión individual del trabajo (cuestiones Q6, Q8, Q9 y Q10). No obstante, la utilidad de la iniciativa como puente al entorno laboral tiene una puntuación positiva, aunque menor, probablemente debido al carácter de

investigación de parte de los proyectos, que en algunos casos puede haber primado sobre el carácter emprendedor de la iniciativa.

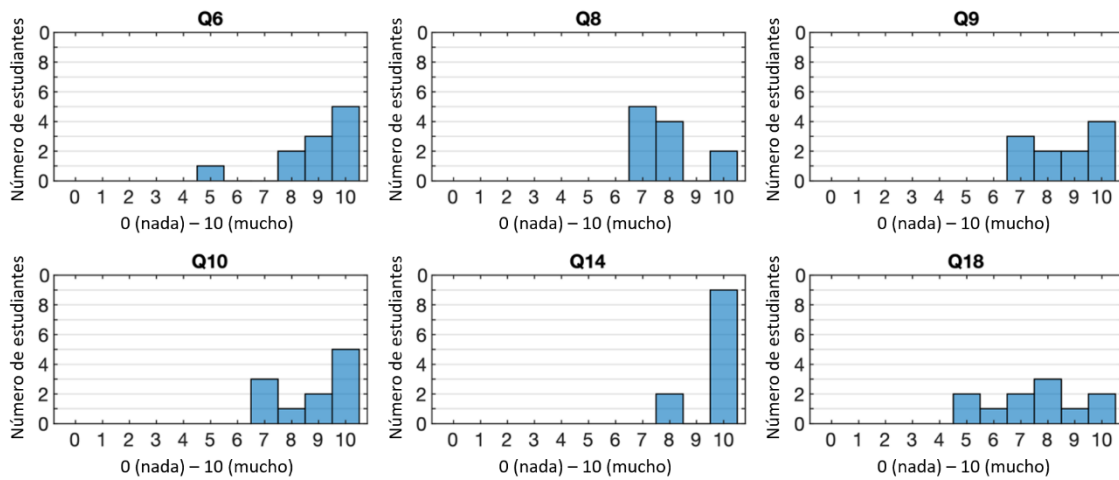


Figura 4. Resultados sobre las cuestiones relacionadas con el trabajo individual

Respecto a los aspectos más relacionados con el trabajo colectivo en Exoforge, los resultados se presentan en la Figura 5. En este caso, las respuestas de los alumnos son aún más positivas. Cabe destacar las cuestiones Q12, Q13, Q16 y Q17, siendo también muy satisfactoria la percepción en el resto de las cuestiones. Esto indica que la iniciativa Exoforge es una experiencia ideal para fomentar las competencias de trabajo en equipo, comunicación y planificación conjunta.

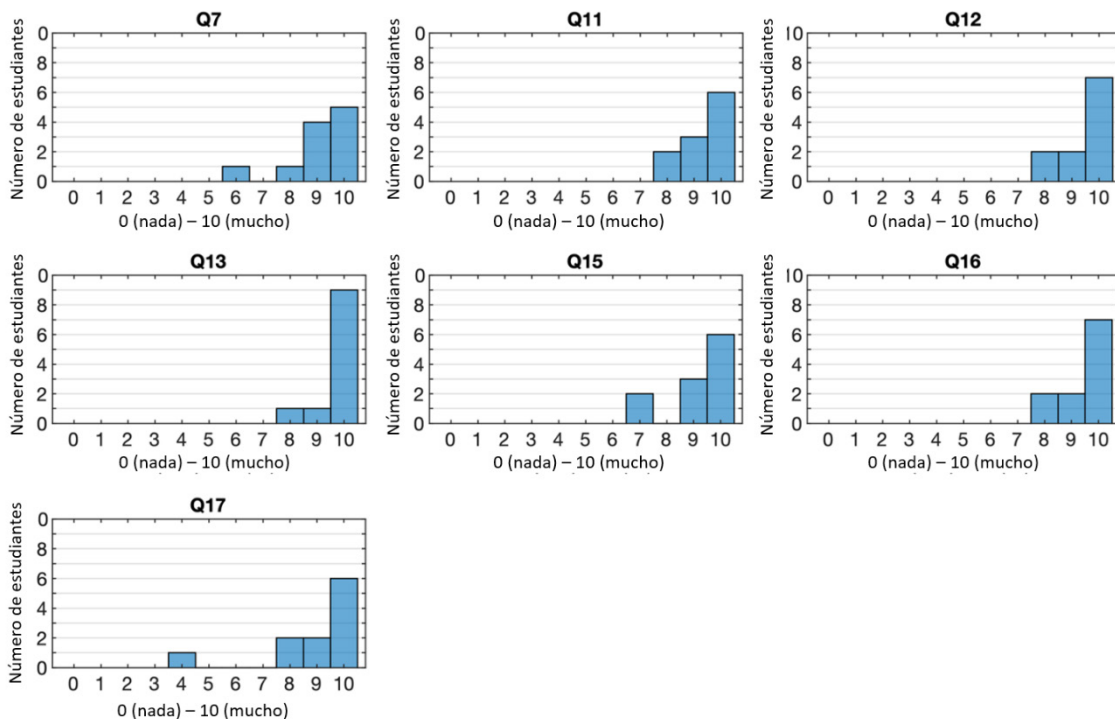


Figura 5. Resultados sobre las cuestiones relacionadas con el trabajo colectivo

Por último, como resultados cuantitativos cabe destacar que el desarrollo de los proyectos ARMIA y ARES ha dado lugar a resultados científicos publicables y a reconocimientos en el ámbito del emprendimiento. A continuación, se enumeran las publicaciones científicas/docentes derivadas de esta iniciativa:

- G.J. Garcia, A. Alepuz, G. Balastegui, L. Bernat, J. Mortes, S. Sanchez, E. Vera, C.A. Jara, V. Morell, J. Pomares, J.L. Ramon y A. Ubeda, “ARMIA: A Sensorized Arm Wearable for Motor Rehabilitation”, *Biosensors*, 12, 469, 2022.
- L. Bernat, C.A. Jara, J.L. Ramon, J. Pomares, G.J. Garcia, A. Ubeda, “Exoforge: Interdisciplinary Teaching Laboratory for the Development of Assistive Technology Projects”, *International Conference on Active Learning in Engineering Education (PAEE/ALE 2022)*, July 2022 (Premio a la mejor contribución de estudiante).

Además, al proyecto ARMIA le fue otorgado el Premio Impulso en la categoría de Accesibilidad celebrado en Alicante en julio de 2021. Por su parte, el proyecto ARES ganó el Premio Impulso en la categoría de Accesibilidad en la edición de 2022.

4. Conclusiones

La iniciativa Exoforge ha obtenido unos excelentes resultados tanto a nivel cuantitativo como cualitativo. El desarrollo multidisciplinar por parte de alumnos de la Universidad de Alicante de dos proyectos en tecnologías asistivas ha dado lugar a dos premios en emprendimiento y varias publicaciones científicas, además de abrir vías de desarrollo profesional futuro para los participantes. Muchos de ellos continúan o han continuado su TFG o TFM en el ámbito de Exoforge y tienen, en el futuro, la posibilidad de trabajar en el desarrollo de dispositivos asistivos por diferentes vías: trabajando en empresas especializadas; mediante el emprendimiento, a través de empresas de base tecnológica relacionadas con el proyecto; o realizando estudios de doctorado. Desde el punto de vista cualitativo, la percepción general de los estudiantes ha sido muy buena, destacando el aspecto colectivo del trabajo, pero también la mejora en competencias de organización y planificación de proyectos, siguiendo el modelo ABP de aprendizaje activo.

5. Tareas realizadas en la red

Participante de la red	Tareas que ha desarrollado
Andrés Úbeda Castellanos	Coordinador de la red. Organización general de la iniciativa Exoforge. Team advisor de neuromecánica. Team leader en Proyecto ARMIA
Gabriel J. García Gómez	Team advisor de software y gamificación
Jorge Pomares Baeza	Team advisor de control. Team leader del Proyecto ARES
Carlos A. Jara Bravo	Team advisor de diseño y actuación. Team leader en Proyecto ARMIA.
Vicente Morell Giménez	Team advisor de machine learning.
José L. Ramón Carretero	Team advisor de control.
María J. Blanes Payá	Gestión técnica de plataformas de gestión de proyectos (Google Drive, Trello, etc)
Lluís Bernat Iborra	Alumno de la iniciativa en la primera anualidad. Team advisor en la segunda anualidad.
Ángel Alepuz Jerez	Alumno de la iniciativa en la primera anualidad. Team advisor en la segunda anualidad.

6. Referencias

Bittencourt, A. C., Diniz, A. C., y Macedo S.C. (2018). A review of Problem/Project-based learning approach in engineering education: motivations, results and gaps to overcome. In: PAEE/ALE, 2018, Brasília. International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, 8, 302-308.

Guerra, A., Ulseth, R., y Kolmos, A. eds. (2017). PBL in Engineering Education. Sense Publishers, Rotterdam.

Guo, P., Saab, N., Post, L. S., y Admiraal, W. I. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International Journal of Educational Research*, 102, art. no. 101586.

Johari, A., y Bradshaw, A. C. (2008). Project-based learning in an internship

program: A qualitative study of related roles and their motivational attributes. *Education Tech Research Dev*, 56, 329-359.

Lima, R. M., Dinis-Carvalho, J., Flores, M. A., y Hattum-Janssen, N. v. (2007). A case study on project led education in engineering: students' and teachers' perceptions. *European Journal of Engineering Education*, 32(3), 337-347.

Postman, N., y Weingartner, C. (1969). *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co.

Powell, P. C., y Weenk, W. (2003). *Project-Led Engineering Education*. Utrecht: Lemma.