

Desarrollo multidisciplinar de una plataforma de robótica educativa

A. Martí^{*a}, D. Aponte^a, E. Quevedo^b, P. Hernández^c, A. Zapatera^d, H. Fabelo^b, S. Ortega^b, J. M. Cabrera^b, J. J. Quintana^e, G. Marrero^b

^aEscuela de Ingenierías Industriales y Civiles, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017-Las Palmas de Gran Canaria, España; ^bInstituto Universitario de Microelectrónica Aplicada, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017-Las Palmas de Gran Canaria, España; ^cGrupo de Investigación de Fabricación Integrada y Avanzada, Centro de Fabricación Avanzada, Parque Científico-Tecnológico, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017-Las Palmas de Gran Canaria, España; ^dDepartamento de Ciencias de la Educación, Universidad CEU Cardenal Herrera, Calle Carmelitas, 3, 03203-Elche, España; ^eDepartamento de Ingeniería Electrónica y Automática, Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017-Las Palmas de Gran Canaria, España.

RESUMEN

La robótica educativa es una valiosísima herramienta de aprendizaje en el mundo actual. Sin embargo, los modelos comerciales suelen ser poco accesibles. El proyecto de innovación educativa «Diseño, implementación y puesta en práctica de una plataforma modular de robótica educativa de bajo coste» de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) tiene como objetivo diseñar un robot educativo abierto, modular y de bajo coste para hacer más accesible la robótica. Para lograrlo, se decidió acudir a los propios alumnos de la escuela de ingeniería de la ULPGC, con el fin de realizar un estudio en el que se mostrase su grado de aceptación a la integración del desarrollo de una plataforma de robótica educativa a lo largo de sus respectivas titulaciones. A pesar de que pudo constatarse un nivel de aceptación elevado a nivel general, esto no ocurría concretamente entre los alumnos del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos, a los que les costaba ver cómo se podía implicar el diseño en la robótica. Consecuentemente, se decidió fomentar la interdisciplinariedad con el objeto de demostrar que un alumno de diseño, centrándose en sus atribuciones y dejando para otras titulaciones la parte de la programación y la electrónica, podría ser capaz de desarrollar una plataforma de robótica funcional. El resultado fue la realización de dos Trabajos de Fin de Grado paralelos, a través de los cuales se materializaron algunos de los objetivos del proyecto de innovación educativa comentado, construyéndose un prototipo de robot modular, abierto y de bajo coste.

Palabras clave: Robótica, educación, ingeniería, interdisciplinariedad, integración, modularidad, diseño, coordinación

1. INTRODUCCIÓN

La robótica y la programación son elementos educativos cada vez más presentes en las aulas, dado que fomentan el pensamiento espacial, lógico y creativo en conjunto de una forma que pocas dinámicas son capaces de igualar, así como también logran aunar numerosas disciplinas en una única actividad¹. Esto ha supuesto un gran cambio en la forma en que se concibe la educación, ya que estos nuevos métodos recogen implícitos nuevos desafíos que fomentan novedosas metodologías fundamentadas en la habilidad de los alumnos de ser creadores de conocimiento activos y no meros espectadores pasivos, adquiriendo conocimientos de una manera integral, que no tiene por qué ser más compleja que la tradicional².

Es por ello por lo que en el mercado existe una gran variedad de modelos de robots educativos. Sin embargo, los precios suelen ser prohibitivos en la mayoría de casos. Arduino y plataformas similares han hecho la robótica y la programación más accesibles gracias a su simplicidad y precio reducido, pero no son lo suficientemente apropiados ni atractivos para los alumnos de infantil y primeros ciclos de primaria como sí podrían serlo los kits de robótica comerciales³.

*alejandro.marti101@alu.ulpgc.es

Estas barreras imposibilitan la existencia de un sistema de robótica único que pueda ser implantado desde niveles de infantil hasta universitarios.

Con esta premisa, se realizó un estudio⁴ como parte del proyecto de innovación educativa PIE-2020-56 ROBOT-EDULPGC «Diseño, implementación y puesta en práctica de una plataforma modular de robótica educativa de bajo coste», siendo los principales objetivos de este PIE (Proyecto de Innovación Educativa) el diseño, la implementación y la puesta en práctica de un prototipo de plataforma de robótica educativa modular y de bajo coste. Se trata de un proyecto de carácter multidisciplinar en el que participan 4 departamentos, 2 centros, 1 instituto y 1 grupo de investigación de la ULPGC, 3 centros educativos de Gran Canaria y la Universidad CEU Cardenal Herrera de Elche.

Dicho estudio tuvo como fin analizar el grado de adecuación y aceptación que tendría incluir la construcción de un robot modular en las asignaturas de los grados de ingeniería de la ULPGC. Además, junto a él, se marcaron las premisas principales del desarrollo de dicha plataforma robótica.

A partir de los resultados del primer trabajo, se pudo constatar una menor motivación por parte de los alumnos de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos en lo referente a la integración de la construcción de un robot educativo como actividad a lo largo de la titulación frente a los alumnos de otras ramas de la ingeniería, cuya motivación en general era alta. Especialmente notable fue la aceptación por parte de los alumnos del Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática.

La falta de conocimientos previos de robótica frente a alumnos de otras titulaciones, hace a los alumnos de diseño menos proclives a la aceptación de que un proyecto de robótica educativa se integre en sus aulas. Como solución a este problema, se propuso la colaboración entre distintos grados de ingeniería para abordar un mismo proyecto. De esta manera, los alumnos del Grado de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos se dedicarían específicamente a los aspectos puramente relativos al diseño que corresponderían al desarrollo del robot, aunque estarían en un contacto continuo con alumnos de otros grados. Esto fomentaría que los alumnos de diseño tuviesen la oportunidad de ver la robótica desde otro punto de vista más cercano a ellos, fomentando de paso la cooperación entre las diferentes titulaciones de ingeniería.

Este planteamiento se puso en práctica con el desarrollo de la propia plataforma de robótica propuesta por el PIE, llevada a cabo a través de dos Trabajos de Fin de Grado complementarios; uno, desde el Grado de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos y otro, desde el de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática.

Desde el punto de vista del diseño del robot, se había establecido que fuese expandible fácilmente con elementos fabricados por impresión 3D o con piezas de construcción infantiles, pudiendo implantarse de esta forma en un amplio abanico de niveles educativos y manteniendo así unos costes de producción mucho más bajos que los de otros robots del mercado, ofreciendo un elevado grado de customización y adaptación.

El resto del artículo presenta en la sección 2 los principales objetivos del trabajo, para pasar entonces a realizar una revisión del estado del arte en la sección 3, resumir el desarrollo de la plataforma de robótica educativa en la sección 4 y sintetizar las principales conclusiones en la sección 5.

El objetivo principal de este artículo será el de exponer el proceso de desarrollo de la plataforma de robótica educativa teniendo en cuenta el proceso de diseño, que incluye el análisis del estado del arte, la elección de referentes, el establecimiento de las consideraciones de diseño y sus funcionalidades y, finalmente, la realización.

Por otro lado, se analizará si, una vez completado el prototipo, su desarrollo se ajusta a las necesidades y capacidades de los alumnos del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos.

2. ESTADO DEL ARTE

Antes de comenzar el desarrollo de la plataforma, se dirigió la atención a los orígenes mismos de la robótica educativa, que están en Logo. Logo es una filosofía de educación a la vez que la familia de lenguajes de programación que ayudan a la realización de dicha filosofía. Fue desarrollada por Seymour Papert y su equipo del Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Logo no se concibió como un fin en sí mismo, sino como una herramienta para aprender a través de presentaciones y juegos accesibles para cualquier edad. De esta manera, los niños

pueden aprender cualquier asignatura a la manera constructorista (desarrollo del Constructivismo de Piaget), pero no deja de ser un lenguaje idóneo para usuarios experimentados y proyectos sofisticados⁵.

En sus comienzos, en la década de 1960, este lenguaje se valía de un robot llamado Tortuga, que servía para interpretar los comandos. Esto se debía a que en aquella época el uso de monitores estaba muy limitado. Esta Tortuga puede considerarse el primer robot educativo como tal. Papert continuó desarrollando el mundo de la robótica educativa hasta que se topó con la juguetera danesa LEGO, que estaba muy interesada en desarrollar sistemas educativos novedosos para darle un nuevo enfoque a sus bloques de construcción. Tras varias líneas educativas de LEGO dirigidas tan solo al ámbito académico, se acabó desarrollando LEGO Mindstorms, uno de los robots educativos con más éxito⁶.

El apoyo en el término moderno STEAM también fue crucial para el desarrollo de esta plataforma de robótica educativa. Puede considerarse un modelo educativo que aboga por la integración de las materias científicas (S, *Science*), tecnológicas (T, *Technology*), ingenieriles (E, *Engineering*), artísticas (A, *Arts*) y matemáticas (M, *Mathematics*), fomentando las denominadas competencias STEAM. De esta manera, la educación se convierte en una práctica única que reduce las fronteras entre el mundo educativo y el real⁷. La robótica educativa se ha convertido en el estándar de este modelo, dado que es la forma más atractiva de explorar la interdisciplinariedad de una manera lúdica y motivadora⁸. En el mercado existen numerosos modelos con características diferentes según su precio, funcionalidad o edad recomendada. Se ha analizado una selección de robots educativos como análisis inicial, según una serie de criterios presentados en la Tabla 1. Por otra parte, en la Tabla 2 se describen algunas abreviaturas utilizadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación de características de robots educativos en el mercado⁴

MARCA	PRODUCTO	EDAD	PRECIO (€)	SW	P. P. BOT.	MAT. D.	ACC. R.	E. MOD.	ELEC. EXP.	BLOQ.	M. CARC
Next Steam Edelvives	Next 1.0	3+	77,44		X		X				P
	Next 2.0	5+	137,94	X	X		X				P
LEGO Education	Coding Express	2+	240,79	X	X	X		X		X	L
	WeDo 2.0	7+	191	X		X		X	X	X	L
	SPIKE Prime	10+	395,67	X		X		X	X	X	L
	MINDSTORMS Education EV3	10+	491	X	X	X		X	X	X	L
LEGO	MINDSTORMS EV3	10+	399,99	X				X	X	X	L
	BOOST -Creative toolbox	7+	159,99	X				X		X	L
TTS	Blue-bot	3+	119	X	X		X				P
	Bee-bot	3+	85		X		X				P
	PRO-bot	8+	169	N.I.	X		X				P
Makeblock	mBot	8+	89,90	X				N.P.	X		AL
	mBot Ranger	10+	169,90	X				X	X		AL
Microbric	Edison robot	4+	45	X	X	X				X	P
Bq	Zowi	8+	79,90	X							ABS
Escornabot	Escornabot	4+	>20	N.L.	X		X		X		3D

Tabla 2. Abreviaturas usadas en la Tabla 1

Abreviatura	Significado	Abreviatura	Significado
N.I.	Disponible pero no incluido	P. P. BOT.	El robot permite ser programado directamente por botones
N.P.	Posible pero no diseñado para cumplir esa función	MAT. D.	El robot cuenta con material didáctico
N.L.	No se incluye, pero es compatible con varios softwares gratuitos	ACC. R.	Requiere de accesorios que se venden por separado para poder cumplir todas sus funciones
P	Plástico sin especificar	E. MOD.	Estructura modular
L	Piezas LEGO (ABS)	ELEC. EXP.	Se le pueden añadir elementos electrónicos extra fácilmente
AL	Aluminio	BLOQ.	Su carcasa es compatible con bloques de construcción
3D	Plástico de impresión 3D	M. CARC.	Material de la carcasa
SW	Software de programación incluido con el producto		

3. DESARROLLO

3.1 Referentes

Tras el análisis del estado del arte, se llegó a la conclusión de que los robots educativos que más interés suscitaban para el desarrollo del trabajo eran el Edison Robot, el Escornabot y el LEGO Mindstorms.

El Edison es un robot de bajo coste con un sistema cerrado y compatible con piezas de construcción⁹, con todas las funcionalidades básicas que un robot puede necesitar para las aulas de infantil y primeros cursos de primaria. Sin embargo, es precisamente ese sistema cerrado el que limita enormemente sus posibilidades de expansión. Por ello, se toma también como referente al Escornabot, un robot de diseño y código abierto con filosofía «hazlo tú mismo»¹⁰, con la que se pueden reducir los costes de adquisición a mínimos. Sin embargo, presenta una nueva desventaja, y es que el diseño básico no es modular ni ampliable a menos que se tengan conocimientos avanzados de robótica, por lo que no ofrece ninguna mejora a los alumnos respecto a otros modelos. Esta es la razón por la que se incluye LEGO Mindstorms en la lista, cuyo sistema completamente modular basado en bloques de construcción permite que los alumnos lo configuren, personalizándolo para que se adapte a sus gustos y necesidades educativas¹¹.

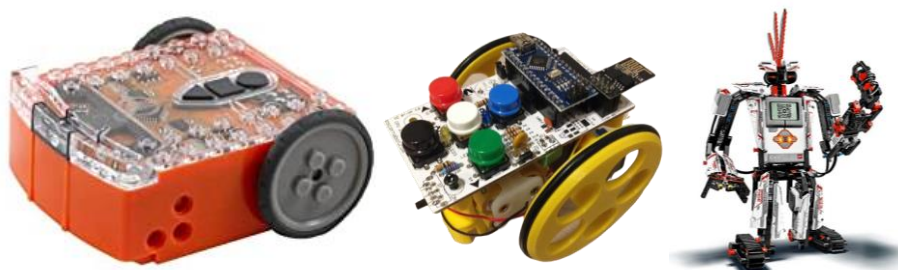


Figura 1. Edison robot⁹ (izda.), Escornabot¹⁰ (ctro.) y LEGO Mindstorms¹¹ (dcha.)

En este sentido, el robot que se desarrolló aplica las funcionalidades del Edison Robot, el planteamiento abierto y de bajo coste del Escornabot y la filosofía modular de LEGO Mindstorms, asegurando así un robot modular, expandible, abierto y de bajo coste.

El planteamiento idóneo, como se había establecido anteriormente, consiste en la unión de elementos de construcción de juguete con piezas producidas por fabricación aditiva, esta última para poder adaptar la electrónica de bajo coste basada en Arduino (la misma usada para Escornabot) a la geometría de los bloques de construcción de juguete.

3.2 Consideraciones

Para el desarrollo del robot, se debieron tener en cuenta las experiencias de usuario claves tanto en la robótica educativa como en el juego con bloques de construcción.

En primer lugar, se estudiaron los diez postulados de los principios de las aplicaciones de la robótica educativa desarrollados por Dave Catlin y Mike Blamires¹². Los aspectos más importantes que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la plataforma, extraídos de este trabajo, se pueden resumir en:

- Son los estudiantes los que le dan el significado al robot y, mediante eso, crean su propio conocimiento, y no al revés.
- Los robots deben ser capaces de adaptarse a las necesidades y el estilo del aprendizaje de los estudiantes, pero también a sus culturas.
- El robot debe ser práctico. Las oportunidades que ofrece deben ser superiores al esfuerzo de plantear las actividades de robótica.

Por otro lado, ya que se había establecido que la estructura del robot se conformaría a partir de piezas de construcción de juguete, se debieron analizar también las experiencias más notables en cuanto al juego con estos elementos¹³:

- El tamaño de las piezas determina las relaciones, por lo que las piezas grandes fomentan el juego en equipo mientras que las piezas pequeñas fomentan el juego individual.
- Siempre se tiende a construir en simetría, formando apilamientos, cercados o torres.
- La simetría es asociada con características buenas. Esto es debido a que normalmente una estructura simétrica es más estable y agradable.

Con esta información, añadida a un exhaustivo análisis de las piezas de construcción de juguete, se pudieron definir unas consideraciones básicas específicas para el diseño de la estructura de la plataforma de robótica:

- Limitar las piezas de juguete a las referencias más básicas, para asegurar su disponibilidad y bajo precio.
- Evitar unir piezas del mismo tamaño unas sobre otras, con el objetivo de mejorar la estabilidad de la estructura y evitar «uniones inseparables» entre piezas.
- Permitir que la definición de los lados del robot sea clara para que pueda orientarse de manera fácil.
- Que la estructura básica sea lo más neutra y simple posible.
- Que la estructura permita el añadido de nuevos módulos, así como su modificación.

3.3 Funcionalidades

Por la parte del desarrollo de la electrónica, se definieron una serie de funcionalidades básicas con las que debería contar la plataforma robótica, para los que se listaron una serie de componentes electrónicos, como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Componentes electrónicos y sus funcionalidades

COMPONENTE	Uds.	Funcionalidad
Motor DC con reductora	2	Movimientos adelante y atrás, giros a izquierda y derecha
Arduino Mega 2560	1	Control y comunicación entre los distintos componentes
LED RGB	20	Luz de color modulable
Puente Dual H LC L298N	1	Control de movimientos de los motores
Módulo Bluetooth HC-05	1	Conectividad inalámbrica
Sensor Ultrasonido HC-SR04	1	Detección de obstáculos
Altavoz de 2W	1	Sonidos
Interruptor de corriente	1	Encendido y apagado del robot
Batería 9V	3	Autonomía energética
Pulsadores	4	Programación instantánea del robot

3.4 Diseño de la estructura

La forma básica de la carcasa está constituida por piezas de construcción, tal y como se presenta en la Figura 2. Conforman un cuadrado, ya que se trató de mantener la forma de los elementos estandarizados de LEGO con el fin de asegurar la estabilidad y reducir el número de piezas necesarias.

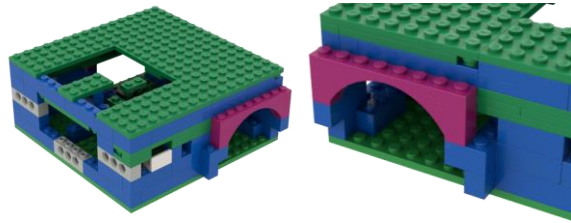


Figura 2. Parte de la carcasa realizada con piezas de construcción y detalle lateral. Elaboración propia.

El resto de los elementos que componen la estructura son una serie de piezas personalizadas (de las cuales se muestra una selección en la Figura 3), realizadas por fabricación aditiva. Estas piezas han sido diseñadas específicamente para servir de interfaz entre la estructura de bloques de construcción y los elementos de la electrónica, adaptándose a las formas de cada elemento (como puede apreciarse en la Figura 4), pero también manteniendo la estructura más básica que permitiesen dichas geometrías, con el objetivo de poder utilizar las mismas piezas en diferentes componentes, en el caso de que sea posible.

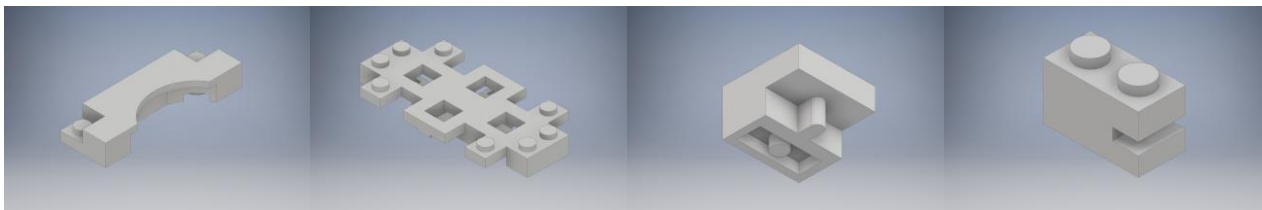


Figura 3. Ejemplos de elementos personalizados. Elaboración propia.



Figura 4. Piezas integradas en la estructura y la electrónica. Elaboración propia.

La estructura resultante, mostrada en la Figura 5, es totalmente adaptable a los cambios a los que podría verse sometida la electrónica, además de estar abierta a cualquier modificación o ampliación posterior. Pese a todas las variaciones posibles para el robot, la que se ha implementado se considera la configuración más básica que cumple todos los requerimientos establecidos con anterioridad. La estructura incluye una carcasa con forma de prisma cuadrangular de 128x144x55 mm (sin tener en cuenta la altura de las ruedas).

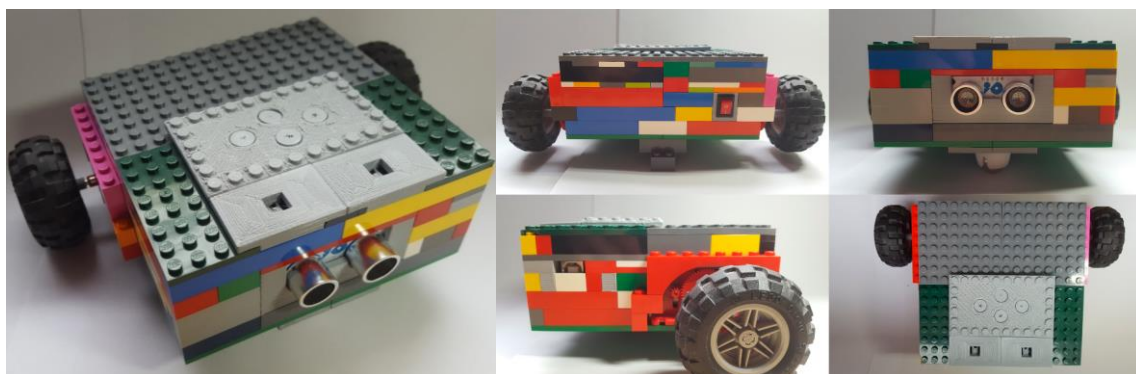


Figura 5. Estructura resultante ensamblada. Elaboración propia.

El radio de giro está en torno a los 50 mm. Por lo tanto, el espacio libre necesario alrededor del robot para que pueda hacer un giro completo es de 300 mm. Este dato concreto es de vital importancia a la hora de diseñar un tapete de las dimensiones apropiadas para usarse como complemento del robot.

3.5 Competencias

El propio proceso de trabajo conjunto ha permitido constatar la eficacia a nivel de aprendizaje que supondría el desarrollo de una plataforma educativa como trabajo troncal en las aulas de ambas ingenierías. Se han desarrollado una serie de competencias que serían fácilmente aplicables a las asignaturas de los grados, fomentando de esta manera la coordinación vertical y horizontal entre ellas e incluso propiciando la interdisciplinariedad de las clases, promocionando así la integración entre distintas ingenierías. En la Tabla 4 se muestra un pequeño resumen, marcando en azul las específicas de Diseño y en verde las de Electrónica, con las comunes en amarillo.

Tabla 4. Competencias utilizadas en los TFG y las respectivas asignaturas donde se ponen en práctica

ETAPA DEL TFG	COMPETENCIA	ASIGNATURA
Análisis de las consideraciones de diseño generales del robot	Detección y análisis de necesidades y experiencias	Introducción al Diseño
		Metodología del Diseño
		Proyectos
		Taller de Diseño
Diseño de las piezas personalizadas	Tolerancias y Metrología	Procesos Industriales
Establecimiento de las medidas de los ejes	Simulación de movimientos mecánicos	Teoría de Máquinas y Mecanismos
		Diseño y Cálculo del Producto
Modelado de las piezas personalizadas	Diseño en CAD	Ingeniería Gráfica
		Modelo y Representación Virtual
Fabricación de las piezas personalizadas	Fabricación aditiva	Tecnologías de Desarrollo de Productos
		Desarrollo de Productos en Materiales Plásticos
Selección de componentes electrónicos	Control de procesos	Sistemas Digitales y Microprocesadores
		Instrumentación Electrónica
Diseño y construcción de los circuitos	Diseño de circuitos	Ampliación de Electrónica y Electrónica de Potencia
		Electrónica Industrial
Programación del robot	Programación	Informática y Programación
		Informática Industrial
		Sistemas Digitales y Microprocesadores
Pruebas de programación y aplicación	Simulación y pruebas de programación	Modelado y Simulación de Sistemas

Como se aprecia, cada etapa del desarrollo de los trabajos puede acomodarse fácilmente a una o varias asignaturas correspondiéndose cada TFG con su Grado correspondiente. Sin embargo, hay dos asignaturas que son comunes que podrían servir de nexo inicial para unir la docencia de ambos Grados en torno al desarrollo de la plataforma de robótica. Aun así, las posibilidades de colaboración no se ciernen tan solo a las materias comunes; el desarrollo de los TFGs ha puesto de manifiesto las numerosas relaciones posibles entre diferentes campos, aparentemente dispares. Ejemplo de esto es el diseño de las piezas personalizadas, que depende directamente de los componentes electrónicos escogidos por el otro compañero para el funcionamiento del robot.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo de la plataforma de robótica planteado, a través de Trabajos de Fin de Grado interrelacionados, ha podido constatar que el planteamiento inicial es factible. El alumno de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos ha podido desarrollar la estructura del propio robot mientras su compañero de Electrónica Industrial complementaba los aspectos relacionados con la programación y electrónica. Sin embargo, esto ha requerido de una colaboración constante para poder llevar a cabo el proyecto.

Esto demuestra que el desarrollo del robot está perfectamente adaptado a las necesidades del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos y puede servir de punto de partida para modificar la opinión del alumnado respecto a la integración del desarrollo de un proyecto de robótica en sus aulas.

Con este trabajo como ejemplo de la viabilidad de las relaciones entre diferentes titulaciones, se podría poner en marcha un proyecto que mostrase a los futuros ingenieros de diseño todas las posibilidades que tienen en el mundo de la robótica y que aún no han sido capaces de ver. De esta forma, se podría conseguir una aceptación unánime por parte de todos los alumnos de la escuela de ingeniería, lo que allanaría el camino para un futuro proyecto de coordinación entre grados a través de estos proyectos de desarrollo de robótica.

Además, con todo este proceso, se ha obtenido un robot funcional que es modular, expandible y de bajo coste. Dispone de todas las funcionalidades que podrían requerirse para su uso en las aulas de colegios y una innata capacidad de adaptación a las necesidades de cada clase o actividad. El siguiente paso de este proyecto sería aplicarlo en sesiones de prueba con alumnos que permitan tomar datos para seguir mejorando el prototipo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en el proyecto de innovación educativa PIE-2020-56 ROBOT-EDULPGC “Diseño, implementación y puesta en práctica de una plataforma modular de robótica educativa de bajo coste”, proyecto concedido en la Convocatoria de Proyectos de Innovación Educativa 2020 de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

REFERENCIAS

- [1] Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J. R., Quintero, J., Patiño, K. P. and Quiel, J., “La Robótica Educativa, Una Herramienta Para La Enseñanza-Aprendizaje De Las Ciencias Y Las Tecnologías,” *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información* 13(2), 74–90 (2012).
- [2] Vivas-Fernandez, L. and Sáez-López, J. M., “Integración de la robótica educativa en Educación Primaria,” 1, *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC* 18(1), 107–129 (2019).
- [3] Junior, L. A., Neto, O. T., Hernandez, M. F., Martins, P. S., Roger, L. L. and Guerra, F. A., “A Low-Cost and Simple Arduino-Based Educational Robotics Kit,” *Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Robotics and Control (JSRC)* 3(12) (2013).
- [4] Martí Gil, A., Quevedo Gutiérrez, E., Hernández Castellano, P., Zapatera Llinares, A., Fabelo Gómez, H., Ortega Sarmiento, S. and Marrero Callicó, G., “Proceso de aprendizaje en la fabricación integrada de una plataforma robótica educativa multidisciplinar,” In *In-Red 2020*, Valencia, Universitat Politècnica de València.
- [5] “What Is Logo?,” <https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/index.html> (5 July 2020).
- [6] “Lego Mindstorms: A History of Educational Robots.,” *Hack Education*, 10 April 2015, <<http://hackeducation.com/2015/04/10/mindstorms>> (5 July 2020).
- [7] Yakman, G., “STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education.,” tesis doctoral (2008).
- [8] da Silva Filgueira, M. G. and González González, C. S., [PequeBot: Propuesta de un Sistema Ludificado de Robótica Educativa para la Educación Infantil], Universidad de La Laguna (2017).
- [9] “Edison Programmable Robot.,” *Edison*, <<https://meet Edison.com/>> (5 July 2020).
- [10] “¿Qué es un Escornabot?,” *Escornabot*, <<https://escornabot.com/es/que>> (5 July 2020).
- [11] “LEGO® MINDSTORMS® EV3 31313 | MINDSTORMS® | Oficial LEGO® Shop ES.,” <<https://www.lego.com/es-es/product/lego-mindstorms-ev3-31313>> (5 October 2020).
- [12] Catlin, D. and Blamires, M., “The Principles of Educational Robotic Applications (ERA),” presented at *Constructionism 2012*, 2012, Atenas.
- [13] De Castro Hernández, C. and Escorial González, B., “El juego de construcción: una experiencia matemática para la escuela infantil,” 15, *Indivisa Revista*(15), 15–17 (2006).