



Memòries del Programa de XARXES-I³CE de qualitat,
innovació i investigació en docència universitària.
Convocatòria 2018-19

Memorias del Programa de REDES-I³CE de calidad,
innovación e investigación en docencia universitaria.
Convocatoria 2018-19

Rosabel Roig-Vila (Coord.)

Jordi M. Antolí Martínez, Asunción Lledó
Carreres, Neus Pellín Buades (Eds.)



Memòries del Programa de Xarxes-I3CE
de qualitat, innovació i investigació en
docència universitària.
Convocatòria 2018-19

*Memorias del Programa de Redes-I3CE
de calidad, innovación e investigación
en docencia universitaria.
Convocatoria 2018-19*

Rosabel Roig-Vila (Coord.), Jordi M. Antolí Martínez, Asunción
Lledó Carreres, Neus Pellín Buades (Eds.)

Memòries de les xarxes d'investigació en docència universitària pertanyent al Programa Xarxes-I3CE d'Investigació en docència universitària del curs 2018-19 / *Memorias de las redes de investigación en docencia universitatira que pertenece al Programa Redes -I3CE de investigación en docencia universitaria del curso 2018-19*

Organització: Institut de Ciències de l'Educació (Vicerectorat de Qualitat i Innovació Educativa) de la Universitat d'Alacant/ *Organización: Instituto de Ciencias de la Educación (Vicerrectorado de Calidad e Innovación Educativa) de la Universidad de Alicante*

Edició / *Edición*: Rosabel Roig-Vila (Coord.), Jordi M. Antolí Martínez, Asunción Lledó Carreres, Neus Pellín Buades (Eds.)

Comité tècnic / *Comité técnico*: Neus Pellín Buades

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

Primera edició: / *Primera edición*: Novembre 2019

© De l'edició/ *De la edición*: Rosabel Roig-Vila , Jordi M. Antolí Martínez, Asunción Lledó Carreres & Neus Pellín Buades.

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

© D'aquesta edició: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / *De esta edición: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante*

ice@ua.es

ISBN: 978-84-09-15746-4

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*

EDITORIAL: Les opinions i continguts dels resums publicats en aquesta obra són de responsabilitat exclusiva dels autors. / *Las opiniones y contenidos de los resúmenes publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de los autores.*

24. Diseño de un Sistema de Aprendizaje Basado en Proyecto para el Máster Universitario en Automática y Robótica

C. A. Jara Bravo¹, J. Pomares Baeza¹, G. J. García Gómez¹, J. L. Ramón Carretero¹, J. López Martí¹,

A. Úbeda Castellanos¹, J. Martínez Maciá¹, A. Márquez Ruiz¹, C. Neipp López¹

M. J. Blanes Payá²

{carlos.jara, jpomares, gjgg, jl.ramon, josedavid.lopez, andres.ubeda, jm.macia,

andres.marquez, cristian, mjose.blanes}@ua.es

Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal¹

Rectorado y Servicios Generales²

Universidad de Alicante

RESUMEN

El ABP (Aprendizaje Basado en Proyecto) es una metodología didáctica en la que el estudiante aprende los conceptos de una materia mediante la realización de un proyecto o resolución de un problema adecuadamente diseñado y formulado por el profesor. Diversos estudios muestran que el ABP fomenta habilidades muy importantes, tales como el trabajo en grupo, el aprendizaje autónomo, la planificación del tiempo, el trabajo por proyectos o la capacidad de expresión oral y escrita, y mejora la motivación del estudiante, lo que se traduce en un mejor rendimiento académico y una mayor persistencia en el estudio. Este tipo de experiencias pueden ser beneficiosas tanto para el alumnado, que desarrolla nuevas habilidades que se acaban de mencionar, como para el profesor, que debe adaptarse a las nuevas exigencias tanto del entorno académico que plantea la adaptación al EEES como del mercado de trabajo. En este trabajo se pretende utilizar la metodología ABP en cada una de las asignaturas relacionadas con la robótica dentro del Máster Universitario en Automática y Robótica, para diseñar, construir y programar un robot a lo largo del Máster. Cada una de las asignaturas implicadas en la red definirá cómo participará dentro del proyecto global. El alumno podrá adquirir las competencias de cada asignatura al mismo tiempo que trabaja en un proyecto de gran envergadura en el que se obtiene finalmente un robot real.

Palabras clave: ABP, experiencias prácticas, robótica.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema/cuestión.

En el escenario educativo que ha resultado desde la implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES, 2019), se ha intentado crear un modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en el alumno, con la necesidad de que desarrollara no solamente habilidades específicas al campo de conocimiento de los planes de estudios, sino también otras competencias complementarias muy demandadas en el mundo profesional.

En este contexto, la educación superior se ha adaptado a los perfiles profesionales demandados en la actualidad, realizando cambios en el paradigma educativo a través de diversas iniciativas. Una de dichas iniciativas, es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), una metodología docente activa. En este trabajo, se desea introducir una acción docente activa en las asignaturas del Máster de Automática y Robótica, con los objetivos de motivación de los alumnos, mejorar su aprendizaje y desarrollar competencias de trabajo en equipo. Para ello, se ha realizado el diseño de un sistema de ABP aplicado al desarrollo completo de un sistema robótico usado en la manipulación de objetos.

La metodología ABP solo estaría implicada en los créditos prácticos de cada asignatura, proponiendo un sólo proyecto para todos los alumnos, que consiste en el diseño, modelado matemático, simulación, construcción y control de una mano robótica de bajo coste.

1.2 Revisión de la literatura.

La metodología ABP se empezó a aplicar a finales de los 70 en la enseñanza de medicina en la Universidad de McMaster (McMaster University, 2019), principalmente para combatir el problema de desmotivación de los estudiantes. Desde entonces, esta metodología ha ido ganando adeptos y en la actualidad se considera especialmente adecuada para abordar muchos de los retos de la educación superior (Woods, 2000). Su aplicación en el campo de la informática llega más tarde, pero ya se considera como una metodología instaurada en este campo (Barg, 2000). El proceso de aprendizaje con la metodología ABP (Solomon, 2003) se basa en el desarrollo de un proyecto que establece una meta como producto final. Su consecución exigirá el aprendizaje de conceptos técnicos y de actitudes. La metodología ABP solo estará en sintonía con los objetivos del EEES si el alumno toma un papel importante en el desarrollo del proyecto, y por lo tanto, en el proceso de aprendizaje en el que estará

inmerso. Como características más relevantes de la metodología ABP son:

- Que se desarrolla en un entorno real y experimental. Esta circunstancia ayuda a los alumnos a relacionar los contenidos teóricos con el mundo real, y esto recae en la mejora de la receptividad para aprender los conceptos teóricos.
- El alumno tiene un papel activo en el proyecto y marca el ritmo y la profundidad de su propio aprendizaje.
- El ABP suele motivar a los alumnos, por lo que se puede tomar como un instrumento ideal para mejorar el rendimiento académico de los alumnos y su persistencia en los estudios.
- El ABP crea un marco ideal para el desarrollo de varias competencias generales como el trabajo en equipo, la planificación, la innovación, la iniciativa y la creatividad.

Desde hace unos años, se está utilizando los sistemas robóticos como herramienta educativa. En muchos casos, los robots están presentes en el aula no con el fin de enseñar la disciplina de la robótica propiamente dicha, sino aprovechar su carácter multidisciplinar para activar procesos cognitivos que propicien un aprendizaje significativo y un acercamiento al mundo de la ciencia y la tecnología.

En general, un proyecto de robótica integra varias tecnologías y, en consecuencia, propicia un aprendizaje multidisciplinar. Es más, el reto que supone para un alumno diseñar y construir un sistema real, le permite adquirir los conceptos con cierta profundidad y le permite entrar en una dinámica de aprendizaje autónomo y el desarrollo de varias competencias como la iniciativa y la innovación. Estas características hacen que los proyectos de robótica sean muy apropiados en la implantación de la metodología de ABP (Hung, 2002). En los trabajos (Grimheden, 2003; Mingyang, 2004; Piguet, 2002; Spong, 2006; Heitmann, 2006), se puede encontrar varias experiencias relacionadas con la utilización de los robots en el marco de ABP.

1.3 Propósito y objetivos.

El objetivo principal de este trabajo es la utilización de la metodología ABP parte de las asignaturas del Máster Universitario en Automática y Robótica, para diseñar, construir y programar un robot a lo largo del Máster. Cada una de las asignaturas implicadas definirá

cómo participará dentro del proyecto global. El alumno podrá adquirir las competencias de cada asignatura al mismo tiempo que trabaja en un proyecto de gran envergadura en el que se obtiene finalmente un robot real.

El carácter multidisciplinar de este Máster oficial hace que sea relativamente fácil proponer proyectos de cierta complejidad. Por lo tanto, ofrece condiciones idóneas para introducir la metodología ABP. Por otro lado, es la primera vez que se propone la implantación de la metodología ABP. Ante esta situación, se ha optado por una implantación parcial de la metodología ABP, donde cada una de las asignaturas implicadas, donde sólo la parte práctica estará enfocada al desarrollo de un sistema robótico dentro del marco de la metodología ABP.

El proyecto de diseño, modelado, simulación, construcción y control de un sistema robótico manipulador de bajo coste constituye el elemento central del proceso de aprendizaje práctico. Para garantizar el éxito de la implantación de la metodología ABP, se ha optado por proponer un solo proyecto para toda la clase, y permitir así, un ambiente de aprendizaje colaborativo y trabajo en equipo.

2. MÉTODO

2.1. Descripción del contexto y de los participantes

El proyecto de apoyo a la metodología ABP propuesto para el conjunto de la clase consiste en el diseño, simulación, construcción y control de una mano robótica de bajo coste. Este es un proyecto multidisciplinar e integra contenidos de robótica, sistemas de percepción (sensores), sistemas de control, selección de componentes electromecánicos (sistemas actuación) y de nuevas tecnologías como la impresión 3D.

Desde un principio, se ha pensado que el planteamiento de la creación y construcción de un robot desde el inicio, tal y como las empresas profesionales lo realizan, iba a aumentar sustancialmente la motivación de los alumnos. La elección del proyecto se apoya principalmente en los siguientes criterios:

- El proyecto es perfectamente realizable con los recursos hardware y software disponibles.
- Es un proyecto multidisciplinar e integra varias tecnologías que tienen una relación directa con prácticamente todas las asignaturas obligatorias del Máster.

- Es un proyecto con una cierta complejidad y se puede dividir en varios subproyectos. Cada uno de estos subproyectos puede ser abordado por cada una de las asignaturas implicadas del Máster.

Para el desarrollo de la red docente se han realizado reuniones periódicas conjuntas con el objetivo de coordinar el desarrollo y fijar los principales objetivos a cubrir. Todo el profesorado participante en esta red docente imparte docencia en el Máster en Automática y Robótica de la Universidad de Alicante. Para hacer efectiva la colaboración entre todos los miembros del proyecto se ha establecido un único grupo de trabajo, donde se han ido estableciendo los objetivos para cada una de las asignaturas implicadas en el diseño, simulación, construcción y programación del sistema robótico de bajo coste.

2.2. Materiales e instrumentos.

En este apartado, se va a describir los sensores, accionamientos y dispositivos empleados en la construcción y programación del sistema robótico manipulador. Todos estos materiales se han ido seleccionando durante la aplicación de la metodología ABP en las clases prácticas de las asignaturas del Máster, tal y como se comentará en la sección de procedimientos. Se comenzará explicando los sensores utilizados, posteriormente los motores empleados para el movimiento, a continuación, la placa de control empleada, y finalmente la impresora 3D con la que se han realizado las piezas del robot.

2.2.1. Sensores

Para permitir el control a distancia de la mano robótica se ha puesto un sensor de infrarrojos (Figura 1). Esto permite usar un mando para programar las diferentes órdenes de movimiento de los motores. De este modo, es posible escribir varios programas para el robot y ejecutarlos de forma sencilla dándole a un botón asignado para cada programa.

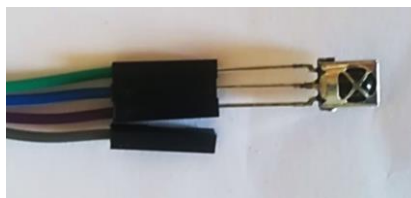


Figura 1. Imagen del sensor infrarrojo.

Otro sensor empleado es el de ultrasonidos. Este sensor consta de dos partes, una que emite una señal, y otra que la recibe (Figura 2). El tiempo entre ambas señales, es la distancia

que hay entre el sensor y el punto en el que rebota la señal para volver.

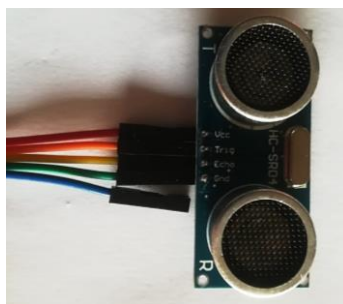


Figura 2. Foto del sensor de ultrasonidos.

Se trata de un sensor económico y que proporciona una información de proximidad para realizar un control de agarre de la mano. Este sensor representa una manera eficiente dotar al robot de una buena capacidad de actuación sin un elevado coste.

2.2.2. Accionamientos lineales

Los motores que conforman el robot son una de las partes más importantes, ya que serán los encargados del movimiento de las piezas que lo componen. Por ello, se buscaba uno con ciertas características especiales, en concreto un motor lineal, de pequeño tamaño y con un elevado par para que tenga fuerza. Con dichas características elegimos un motor de gama alta como es el Actuonix PQ12 (Figura 3).



Figura 3. Motor lineal Actuonix PQ12

2.2.3. Arduino Mega

Esta placa representa el controlador del robot. A dicha tarjeta se conectarán los sensores a sus pines analógicos y el código implementado enviará las señales de control a los motores lineales. Esta placa, permite una alta flexibilidad para nuestra aplicación y robot, a un bajo coste (Figura 4).



Figura 4. Imagen de la placa Arduino Mega.

2.2.4. *Impresora 3D*

La impresora 3D elegida para la impresión de las piezas del robot es la Ender 3 de Creality (Figura 5). Se trata de una impresora 3D de modelado por deposición fundida. Cuenta con un área de impresión de 220 x 220 x 250 mm. Algunas de sus principales ventajas son su asequible precio y la alta calidad de las impresiones que realiza.



Figura 5. Imagen de la impresora 3D Ender3 utilizada para imprimir las piezas del robot

2.3. Procedimientos.

2.3.1. *Presentación de la propuesta*

La idea de realizar cambios en las asignaturas del Máster respecto de otros años integrando el proyecto de simulación y construcción de un robot fue bien recibido por el

conjunto de la clase.

2.3.2. *Fase inicial del proyecto: tormenta de ideas*

El desarrollo del proyecto empezó con la organización de un debate en forma de tormenta de ideas moderada por los profesores, con la idea de pensar en el sistema robótico a simular y construir. Al final de esta fase inicial, se decidió realizar un sistema manipulador tipo mano robótica de bajo coste, con la idea de integrarla como herramienta a un brazo robot. Además, se identificaron una serie de fases en el proyecto, con sus respectivos objetivos, que se tendrían que ir solventando en cada una de las asignaturas del Máster. Las fases son: boceto inicial del robot, modelado 3D, análisis cinemático y dinámico del robot, selección de sensores y actuadores, impresión de las piezas y montaje, e implementación del control del robot.

2.3.3. *Metodología ABP en las asignaturas del Máster*

A continuación, se muestra la parte abordada dentro del proyecto ABP en cada una de las asignaturas obligatorias del Máster en Automática y Robótica.

- Robótica: en esta asignatura se abordó la parte de modelado cinemático y simulación de movimientos del diseño 3D del sistema robótico. También se abordó el análisis dinámico para obtener los datos del par necesario en las articulaciones (dato para seleccionar los accionamientos).
- Sistemas de percepción: en esta asignatura se abordó la selección de los sensores de bajo coste para el sensorizado de la mano. Aquí se estudiaron diferentes tipos de sensor aptos para la mano robótica, a los que finalmente se escogieron el sensor de infrarrojo y de ultrasonidos comentados en el apartado anterior (véase sección 2.2.1).
- Sistemas de control: dentro de esta asignatura se realizó el trabajo de selección de la placa controladora de bajo coste, y se implementó el código del control del sistema robótico para la generación de las señales de los accionamientos en los movimientos del robot.
- Electromecánica: a partir de los datos obtenidos en la simulación cinemática y dinámica del robot, se realizó la selección de los accionamientos más adecuados del sistema robótico.

3. RESULTADOS

3.1. Diseño y simulación del sistema robótico. Parte de la asignatura de Robótica.

Tal y como se ha comentado anteriormente, en la asignatura de robótica se abordó la parte de diseño inicial, modelado cinemático y simulación del robot. A continuación, se muestra los resultados de esta parte dentro de la metodología ABP.

Lo primero que se debe tener en la fase inicial para este proyecto (diseño del robot) es la finalidad buscada para el sistema robótico que se desea construir. En este caso, la finalidad es realizar un sistema manipulador tipo mano robótica que sea capaz de replicar los movimientos de la mano humana, pero sin elevar demasiado el uso de los recursos necesarios, ya que debe ser de bajo coste. Por ello, se ha centrado en el diseño de una mano robótica para su posterior impresión en una impresora 3D. Esto permite construir componentes de bajo coste, contando con una buena resistencia para los diferentes usos a los que está destinada.

Con respecto al movimiento de la mano, en primer lugar, se trató de replicar el movimiento de las 3 falanges que componen los dedos usando la menor cantidad de motores posible. Para ello, se pensó en un sistema de transmisión del movimiento compuesto por elementos rígidos para que se transmita el movimiento de un solo motor a través de todo el dedo (varios motores por dedo elevarían el coste del proyecto). A continuación, se describe el modelado 3D de los dedos de la mano robótica y de la palma de la misma.

Con respecto a los dedos de la mano robótica, se ha querido que sean lo más parecidas posibles a una mano humana, aunque tratándose de una mano robótica para agarrar y manipular objetos, también se buscaba una estructura fuerte que pueda resistir mejor los esfuerzos. En la Figura 6, se pueden observar cada una de las falanges de los dedos.

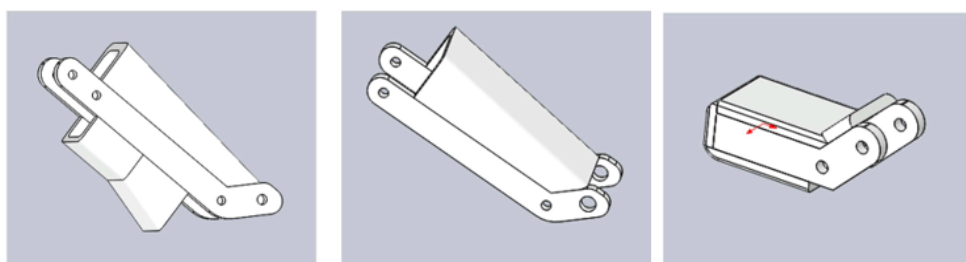


Figura 6. Diseño 3D de las falanges que forman los dedos

La palma es una parte muy importante del sistema robótico, ya que será el soporte estructural que sujetará los motores y dedos. En este caso, se ha decidido hacer una palma “móvil”, para poder darle una mayor funcionalidad a la hora de agarrar usando solamente dos

motores extra. Por tanto, se consigue un movimiento bastante parecido al buscado aumentado poco el coste del equipo.

En consecuencia, la palma se compondrá de dos partes (Figura 7), una parte superior que soportará 4 dedos y los motores correspondientes, y por otro lado una parte inferior que será la encargada de soportar la parte superior y un dedo.

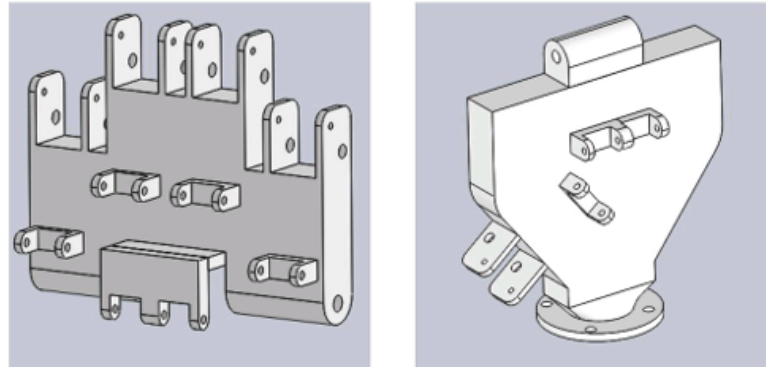


Figura 7. Diseño 3D de la palma de la mano

Una vez realizado el diseño 3D de cada una de las partes, se realiza el ensamblaje, junto con un sistema de transmisión para realizar las articulaciones del robot. La simulación se empleó para ver el comportamiento de la mano robótica con todas las piezas y los motores integrados (Figura 8).

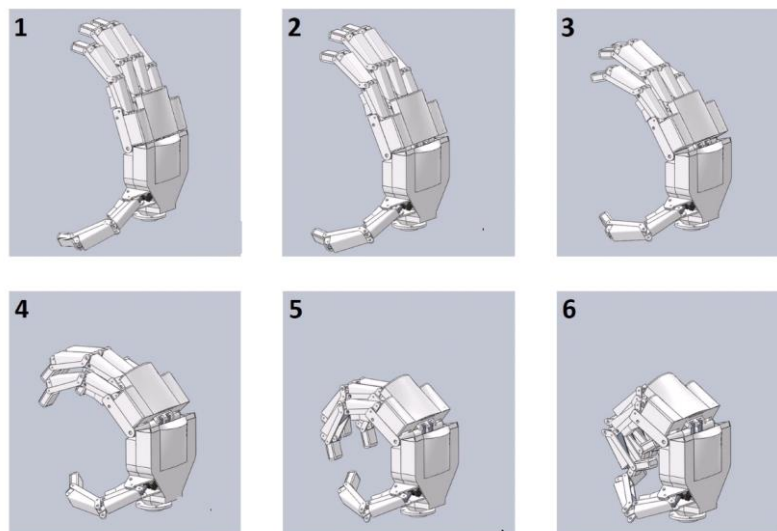


Figura 8. Imágenes secuenciales de la simulación de la mano robótica.

En la simulación representada, se puede ver una trayectoria de agarre de la mano robótica diseñada. La simulación muestra un agarre eficiente que será demostrado posteriormente de forma práctica. La simulación se ha realizado con un software CAD/CAE

(*Computer Aided Design / Computer Aided Engineering*), que ha permitido diseñar el modelo del robot y simular el movimiento para saber cuáles son los motores más adecuados para su construcción real.

3.2. Selección de los motores. Asignatura de Electromecánica.

Una de las partes críticas en la construcción de un robot, es la selección adecuada de los componentes. Un componente crítico, en el que se ha abordado dentro de la asignatura Electromecánica con la metodología ABP, es la selección del motor de accionamiento del robot. En el diseño, tal y como se comentó, se pensó en abordar la parte de accionamiento sencilla y sin un elevado coste. Tras la simulación mostrada en el apartado anterior donde se obtuvo el par máximo necesitado en las articulaciones, y la necesidad de emplear el mismo motor en todo el sistema robótico, se optó por un motor lineal. Este motor es ideal para el sistema de transmisión propuesto, que no es más que una varilla entre las falanges del dedo. Este motor, mostrado en la sección anterior (en el apartado de Materiales), fue pensado y seleccionado después de consensuar todo el equipo del proyecto ABP las características del robot y las necesidades del sistema.

3.3. Impresión de las piezas y construcción del robot.

Tal y como se ha comentado a lo largo de esta memoria, la construcción del robot debe ser de bajo coste. Por lo tanto, las piezas se han diseñado para su fabricación mediante una impresora 3D de modelado por deposición fundida. Las principales ventajas de este tipo de fabricación son su precio asequible, la alta calidad de las impresiones que realiza y la resistencia de las piezas fabricadas. El material elegido para la impresión fue el ácido poliláctico o PLA. Se trata de un polímero constituido por moléculas de ácido láctico, que permite una alta resistencia en las piezas junto con un coste muy reducido. En la Figura 9 se muestran las piezas impresas a partir del diseño 3D mostrado anteriormente.



Figura 9. Imagen de las falanges una vez fabricadas con la impresora 3D

Para facilitar el montaje de la mano, en el diseño se dejaron grandes espacios para poder introducir con facilidad los tornillos y tuercas. Esto hizo que nuestra mano tuviera un tamaño mayor del esperado inicialmente. Se comenzó con el montaje de los dedos uniendo las diversas falanges y transmisiones que lo forman. El montaje puede realizarse montando el dedo directamente sobre la palma. Sin embargo, para este proyecto se decidió montar los dedos por separados y una vez completos fueron añadidos a la parte superior de la palma de la mano.

En la siguiente imagen se muestra el montaje progresivo de uno de los dedos de la mano robótica a partir de las piezas de impresión 3D.



Figura 10. Proceso de montaje de los dedos mediante las piezas fabricadas en la impresora 3D

Una vez que se tiene nuestro dedo ensamblado, a continuación, se pasa a montarlo en la

palma superior. En la Figura 11 se muestra el ensamble de los dedos con la palma.

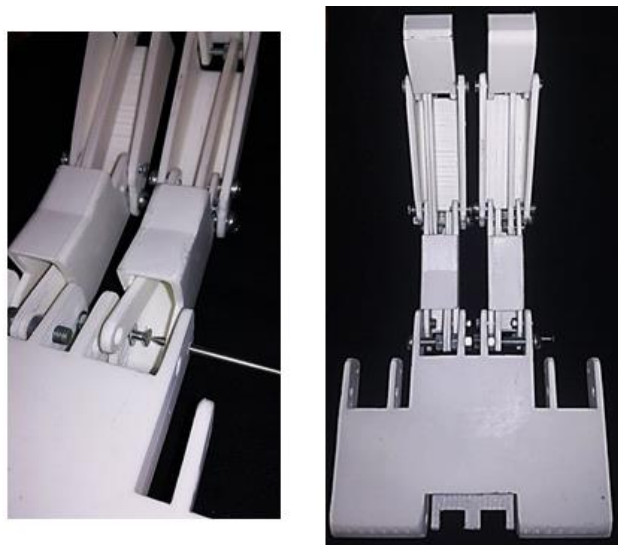


Figura 11. Proceso de montaje de los dedos mediante las piezas fabricadas en la impresora 3D

Se repite el procedimiento para cada dedo hasta completar la unión de los cinco dedos con la palma. Cuatro se conectan a la parte superior de la palma y uno a la parte inferior para imitar una mano humana y permitir un agarre eficiente (Figura 12).

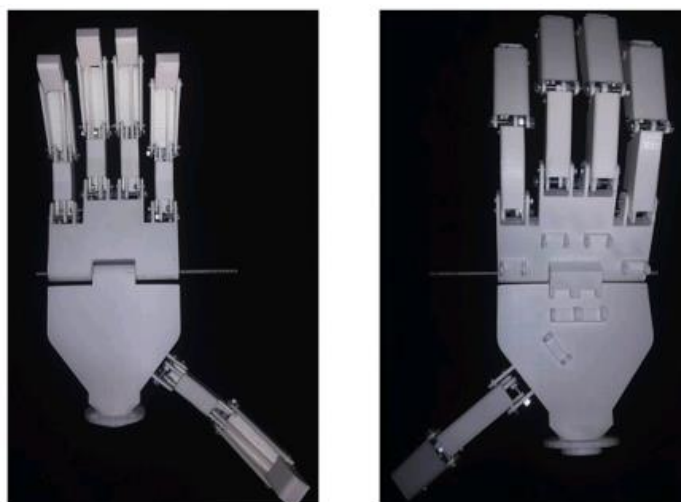


Figura 12. Imágenes de la mano ensamblada

Una vez ensambladas las dos partes que componen la palma y los dedos, se procede a conectar los motores que dan movimiento al sistema robótico. En el diseño original, se utilizan siete motores para controlar la mano robótica. Cuatro de ellos conectan los dedos a la parte superior de la palma para permitir el movimiento de estos. Otro, es el encargado de mover el dedo acoplado a la parte inferior de la palma. Por último, dos son los

responsables de la flexión de la palma gracias a las dos partes que la componen. Sin embargo, para la primera versión de este proyecto solo se emplean cuatro de estos motores, que permitirán mover uno de los dedos de la parte superior de la palma, el dedo conectado a la parte inferior de la palma, así como realizar la flexión de la palma. Por último, se acoplan las carcasas para proteger los motores y el cableado utilizando tornillos (Figura 13).



Figura 13. Imagen del ensamblaje completo de la mano robótica

3.3. Control para el agarre de objetos. Asignatura de Sistemas de Control.

En este apartado se va a describir el mecanismo de control usado para operar la mano robótica. Finalmente, se escogió una arquitectura basada en la placa Arduino (descrita en la parte de materiales) ya que se trata de una plataforma de creación de circuitos de código abierto y de bajo coste.

El control de la mano robótica se basa en el envío de órdenes a los motores a partir de la información obtenida de los sensores. Los sensores empleados son los descritos en la parte de materiales: un sensor infrarrojo para activar el movimiento mediante un mando a distancia; y sensor de ultrasonidos que permite que la mano robótica reconozca un objeto y se cierre cuando el sensor detecte una presencia con una distancia igual o menor a 10 cm. El código de control implementado, por lo tanto, permite realizar movimientos de agarre, mantener el objeto agarrado durante un tiempo determinado y gestionar la apertura-cierre de la mano robótica. A continuación, se muestra una prueba del control implementado en una operación de agarre de un objeto cilíndrico con un dedo del sistema manipulador.

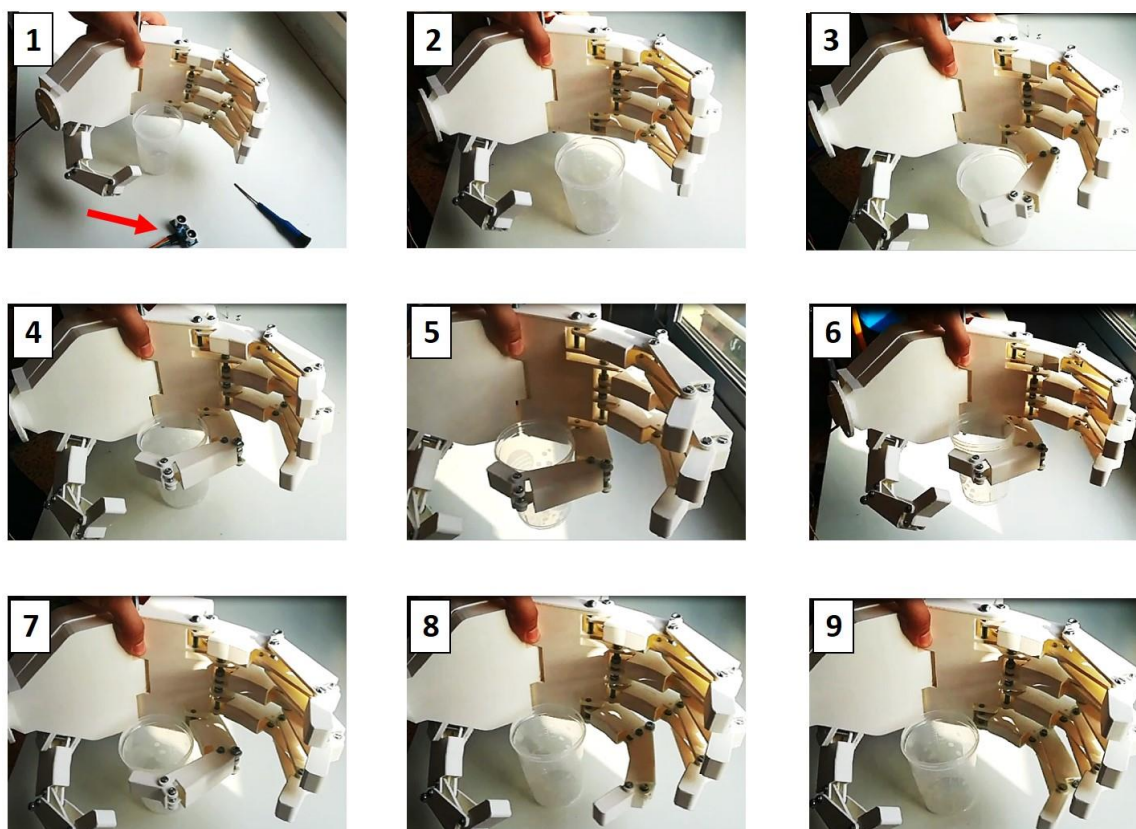


Figura 14. Imágenes secuenciales de un video que representa una prueba de agarre de un recipiente cilíndrico de pequeño diámetro utilizando un solo dedo

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado el uso de la metodología ABP en el Máster Universitario en Automática y Robótica, para diseñar, construir y programar un robot a lo largo del Máster. El desarrollo del proyecto ha permitido a los alumnos experimentar un aspecto novedoso directamente relacionado con las competencias específicas de diversas asignaturas del Máster. El nivel de aprendizaje ha sido claramente mayor que el aprendizaje basado las tradicionales prácticas de laboratorio, al trabajar sobre un proyecto complejo. Por otro lado, el alumno ha tomado conciencia de los aspectos positivos y formativos relacionados con las competencias generales como el trabajo en equipo, la planificación, la innovación o la iniciativa. En definitiva, los alumnos se han sentido como verdaderos ingenieros que han participado en la creación de un sistema robótico complejo.

5. TAREAS DESARROLLADAS EN LA RED

A continuación, se enumera a cada uno de los componentes detallando las tareas que han desarrollado en esta red docente.

PARTICIPANTE DE LA RED	TAREAS QUE DESARROLLA
Carlos A. Jara Bravo (coordinador)	Supervisión y seguimiento de las tareas desarrolladas por el resto de los componentes de la red.
Jorge Pomares Baeza	Coordinación de la implantación de la metodología ABP en la asignatura “Sistemas de Control Automático”
Gabriel J. García Gómez	Coordinación de la implantación de la metodología ABP en la asignatura “Robótica”
José L. Ramón Carretero	Diseño del sistema robótico empleado para la metodología ABP.
José David López Martí	Diseño y aplicación de herramientas para la gestión y seguimiento del proyecto ABP.
Juan Martínez Maciá	Diseño del sistema de control del robot del sistema robótico empleado para la metodología ABP.
Andrés Márquez	Coordinación de la implantación de la metodología ABP en la asignatura “Adquisición y tratamiento óptico de imágenes”
Cristian Neipp	Impartición y gestión de los contenidos del proyecto aplicado a la asignatura “Adquisición y tratamiento óptico de imágenes”
María J. Blanes Payá	Selección de sensores empleados en el sistema robótico para su utilización en la asignatura “Sistemas de percepción”

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barg, M. *et al* (2000). Problem-Based Learning for Foundation Computer Science Courses, *Computer Science Education*, 10(2), 1-20.

Espacio Europeo de Educación Superior (2019), Recuperado de <http://www.eees.es/>.

Grimheden, M. (2003). How might Education in Mechatronics benefit from Problem Based Learning. *4th International Workshop on Research and Education in Mechatronics*, 211- 218.

Heitmann, G. (2006). Challenges of engineering education and curriculum development in the context of the Bologna process. *Journal European Journal of Engineering Education*, 30 (4), 447-458.

Hung, D. (2002). Situated cognition and ABP: Implications for learning and instruction with technology. *Journal of Interactive Learning Research*, 13(4), 393-414.

McMaster University (2019), Recuperado de <https://www.mcmaster.ca/>.

Mingyang, G. (2004). A Case to Do Empirical Study Using Educational Projects. *Journal of Issues in Informing Science and Information Technology*, 1, 509-520.

Piguet, Y. (2002). Hands-On Mechatronics: Problem-Based Learning for Mechatronics. *IEEE Int. Conference on Robotics & Automation*, Washington D.C. (USA).

Solomon, G. (2003). Project-Based Learning. *Technology and Learning*, 23(6), 20-30.

Spong, M. (2006). Project Based Control Education, *Proceeding in Advances in Control Education*, 40-47.

Woods, D. *et al* (2000). The future of engineering education. Developing Critical Skills. *Chem. Engr. Education*, 34 (2), 108-117.