

# BOTBLOQ: Ecosistema integral para el diseño, fabricación y programación de robots DIY

Proyecto Financiado por el Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)

*EXPEDIENTE: IDI-20150289*

Cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Operativo Plurirregional de Crecimiento Inteligente 2014-2020

*ACRÓNIMO DEL PROYECTO: BOTBLOQ*



Centro para el  
Desarrollo  
Tecnológico  
Industrial



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de  
Desarrollo Regional (FEDER)  
*Una manera de hacer Europa*

## ENTREGABLE E4.7. INFORME SOBRE RESULTADOS DE VALIDACIÓN

---

### RESUMEN DEL DOCUMENTO

Este entregable recopila los resultados obtenidos de las experiencias para la verificación del funcionamiento del producto BOTBLOQ.

---

27 de enero de 2017

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Pruebas alumnos primaria</b>	<b>2</b>
<b>3. Pruebas alumnos secundaria</b>	<b>7</b>
3.1. Campus Científicos de Verano 2016 de la FECYT . . . . .	7
3.2. Pruebas de los robots modulares con alumnos de 4º de secundaría .	13
<b>4. Pruebas de los robots modulares con Profesores de IES</b>	<b>14</b>
<b>5. Pruebas alumnos de grado</b>	<b>16</b>
<b>6. Pruebas alumnos máster, doctorandos e investigadores</b>	<b>19</b>

## 1. Introducción

Este entregable recopila los resultados obtenidos de las experiencias para la verificación del funcionamiento del producto BOTBLOQ. Para ello se presentan los resultados de las experiencias realizadas con usuarios potenciales de la herramienta en todo su espectro: alumnos de primaria, secundaria, bachillerato y grado, así como su utilización por profesores tanto de instituto y de universidad en laboratorios de investigación. En el entregable se analizan los resultados de encuestas de satisfacción, detallando los puntos fuertes y las debilidades del producto en cada uno de los ámbitos de aplicación. Del mismo modo se estudiará la repercusión mediática que puedan tener estas experiencias de cara a la difusión del producto en el mercado de usuarios.

## 2. Pruebas alumnos primaria

La primera verificación de Bitbloq se ha realizado con un total de 300 alumnos de 6º de primaria de Ciudad Real divididos en 12 talleres. Se ha elegido este grupo de edad debido a que existen multitud de estudios que indican estas edades como las más adecuadas tanto para el fomento de las vocaciones científicas como para la introducción con el mundo de la robótica y la programación.

Estos 12 talleres se realizaron durante el mes de noviembre de 2016 en Ciudad Real en el contexto de *ManchaArte2016, feria del Arte, la Ciencia y la Cultura*. Dichos talleres fueron realizados en el Museo Provincial de Ciudad Real en donde profesores del grupo ROBIND enseñaron a los alumnos de primaria conceptos básicos de la robótica y programación muy útiles en diversas áreas de la ciencia y la tecnología. Se utilizaron, como se aprecia en las imágenes, los robots móviles de bq y se enseñó a programarlos con Bitbloq. Los estudiantes eran chicos y chicas de 10 y 11 años sin experiencia previa, por lo que se puso a prueba el entorno Bitbloq como herramienta didáctica ante este elenco de edad.

Para ubicar los talleres dentro del contexto del museo, los robots utilizados fueron revestidos con forma de mastodontes y guepardos de manera que los alumnos debían programarlos para que “evitaran la extinción”, introduciendo de paso la historia de los animales que existían en la región en el Plioceno y cuyas maquetas y fósiles (por ejemplo del mastodonte) están en el museo.

Esta actividad fue patrocinada por ManchaArte-Serendipia con la colaboración del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, la Junta de Comunidades (Consejería de Educación, Cultura y Deporte), la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Ciudad Real, el Museo de Ciudad Real y la Fundación Impulsa CLM, de la que depende el DEAC de dicho museo.

Se adjuntan algunas fotos de los robots que se utilizarán durante el curso donde se aprecia también el uso de Bitbloq.



Figura 1: Momento durante el curso donde los alumnos aprenden a utilizar Bitbloq



Figura 2: Momento durante el curso donde los alumnos experimentan con sus robots

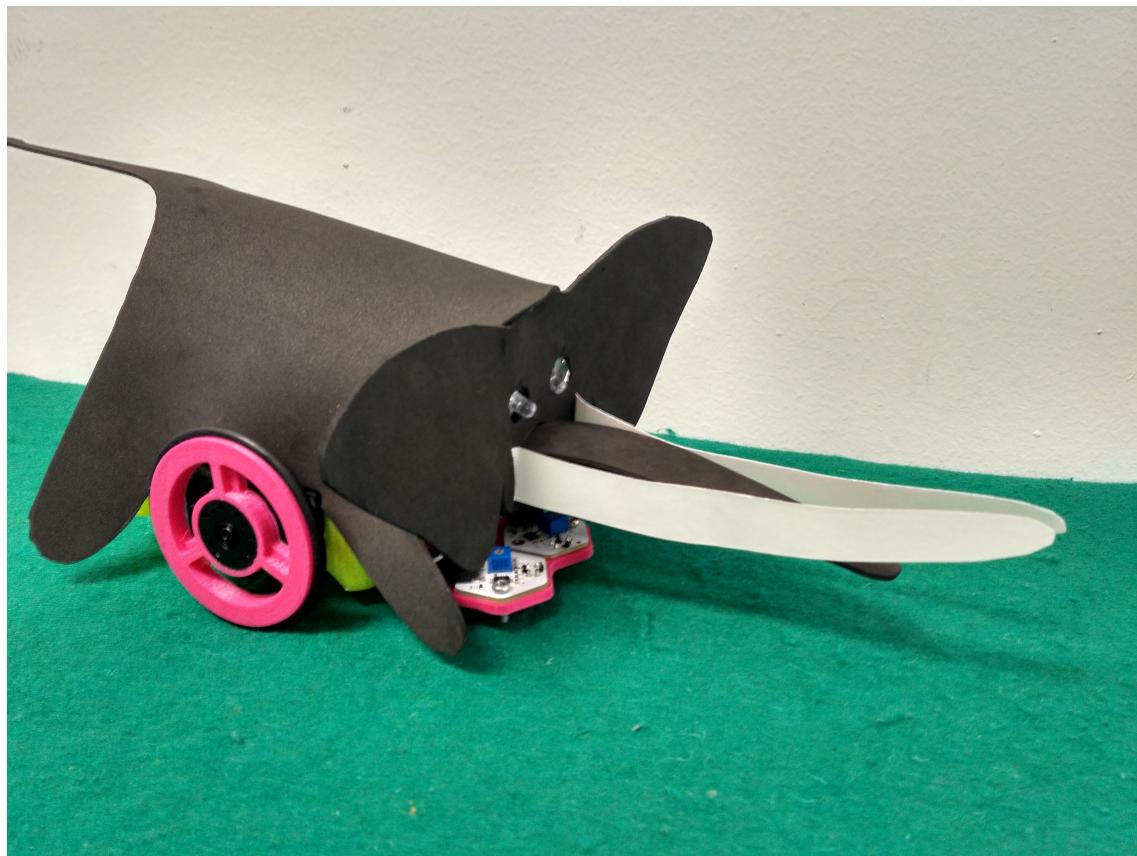


Figura 3: Detalle de la "piel" que recubre al robot móvil para darle aspecto de mastodonte

A todos los estudiantes se les puso a prueba al finalizar el taller para que programaran un robot de manera que pudiera seguir líneas. Un 90 % de los alumnos consiguieron que los robots hicieran sin problema todo el circuito propuesto (ver Figura 2) por lo que consideramos que fue todo un éxito. Además, todos los profesores de primaria que acompañaron a los alumnos mostraron su satisfacción por las destrezas en programación adquiridas por los alumnos con el uso de Bitbloq.

La siguiente imagen muestra un *recorte* de prensa sobre el evento realizado y la repercusión que tuvo en la provincia de Ciudad Real. Más artículos relacionados pueden entrarse en los siguientes enlaces: [www.lanzadigital.com/news/pdf/106993](http://www.lanzadigital.com/news/pdf/106993), <http://www.latribunadeciudadreal.es/Noticia/ZD842D669-ECD2-64E0-928A2334B9F60EDE/Robotica-de-la-UCLM-en-ManchaArte>



The screenshot shows a news article titled "La UCLM participará en la feria ManchaArte de Ciudad Real con un taller de robótica para alumnos de Primaria". The article discusses the participation of the University of Castilla-La Mancha (UCLM) in the ManchaArte fair with a robotics workshop for primary school students. It mentions various cultural activities and the involvement of the Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSI). A photograph of a yellow cheetah-shaped Bitbloq robot is shown, along with a descriptive text about the workshop.

**Inicio » Ciudad Real**

## La UCLM participará en la feria ManchaArte de Ciudad Real con un taller de robótica para alumnos de Primaria

miciudadreal - 14 noviembre, 2016 – 10:39

Sin comentarios

Exposiciones, proyecciones, representaciones, concursos, demostraciones, encuentros con autores, conciertos y otras actividades de índole cultural inundan Ciudad Real durante el mes de noviembre. Todas giran alrededor de ManchaArte 2016, la Feria del Arte, la Ciencia y la Cultura, un lugar de encuentro y un espacio expositivo para empresas, asociaciones, instituciones, autores, artesanos, científicos, artistas y creadores, que además tiene un componente divulgativo y didáctico y a la que se ha sumado la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) con un taller de robótica dirigido a los escolares.



Bajo el nombre de 'Robótica en el museo', la Escuela de Ingenieros Industriales de Ciudad Real ha programado una docena de talleres destinados a alumnos de sexto de Primaria que se celebrarán desde mañana martes y hasta el viernes, 18, en el Museo Provincial, -en el edificio de la calle Prado-. Durante su desarrollo, profesores del centro universitario tratarán de introducir de una manera sencilla y divertida

Figura 4: Noticia en un medio local sobre los cursos con Bitbloq para alumnos de primaria

### 3. Pruebas alumnos secundaria

Las pruebas con el grupo de usuarios correspondiente a alumnos de secundaria se ha dividido en dos partes:

- Una primera parte en donde se utiliza Bitbloq con robots móviles entre alumnos de secundaria de toda España participantes en los Campus Científicos de Verano organizados por la FECYT en Julio de 2016.
- Una segunda en donde se utilizarán los robots *tipo* desarrollados durante el paquete de trabajo 4. Esta segunda parte de la validación se realizará a principios de 2017 entre alumnos de IES Santa María de Alarcos de Ciudad Real.

#### 3.1. Campus Científicos de Verano 2016 de la FECYT

Los Campus Científicos de Verano son una iniciativa impulsada por la FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) y el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, en colaboración con la Obra Social La Caixa, a la que se ha sumado la Universidad de Castilla-La Mancha, a través de su Campus Internacional de Excelencia, CYTEMA. Este proyecto, reunió a alumnos de 4º de Educación Secundaria Obligatoria y de 1º de Bachillerato con un expediente académico brillante de toda España, con la idea de potenciar en ellos el interés por la ciencia, la tecnología y la innovación, ofreciéndoles la oportunidad de contactar con la labor investigadora en un ambiente universitario y multicultural.

En el caso particular que involucra a este proyecto, el alumno preuniversitario tuvo la oportunidad de trabajar con el grupo ROBIND de la UCLM encargado del paquete de trabajo 4 de BOTBLOQ y a través de su participación activa tuvimos la oportunidad de evaluar el desempeño de la plataforma BOTBLOQ como herramienta de enseñanza en la construcción y programación de robots.

En concreto, se realizaron 4 talleres durante el mes de julio de 2016 con un total 32 alumnos. Estos talleres se centraron en el uso de Bitbloq como herramienta de programación de robots.

En las siguientes imágenes se muestran algunos momentos de dichos campus en donde se ve a los alumnos utilizando Bitbloq. Como prueba final se les pidió que

programaran los robots para que fueran capaces de salir de un circuito complejo con bifurcaciones y bucles.

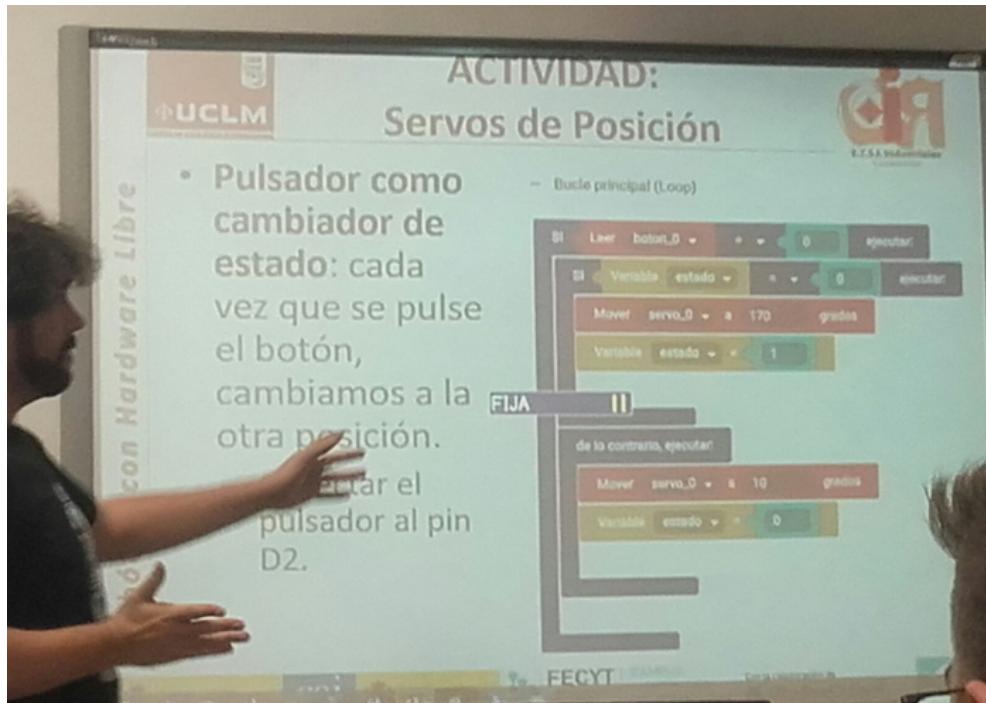


Figura 5: Momento de los cursos enseñando Bitbloq



Figura 6: Momento de los cursos con algunos alumnos programando los robots

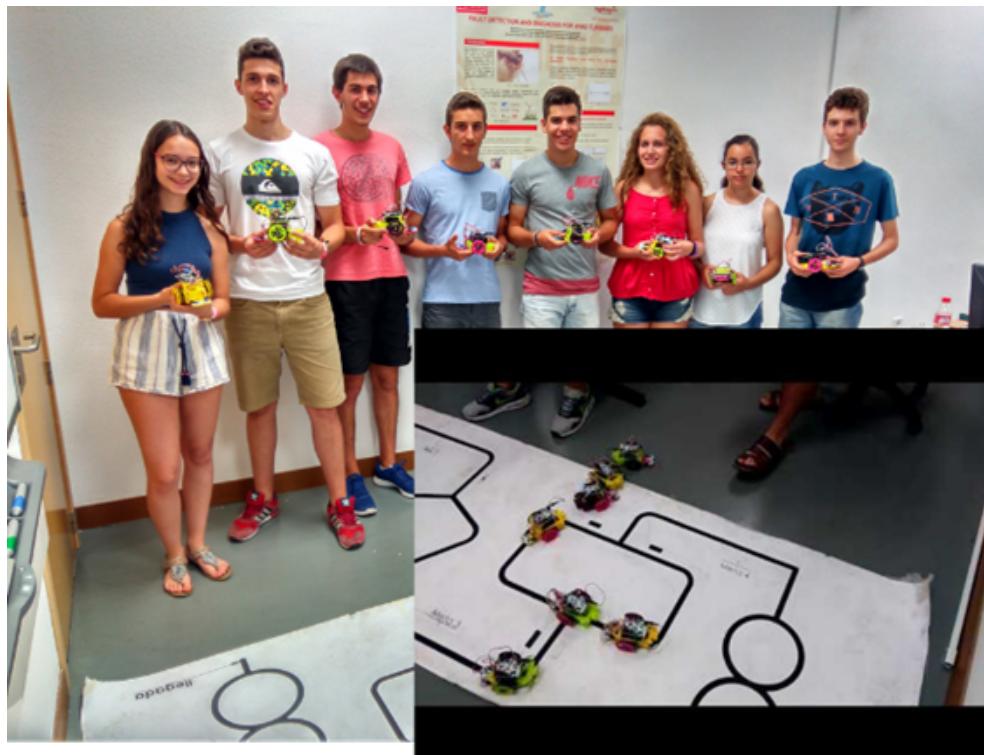
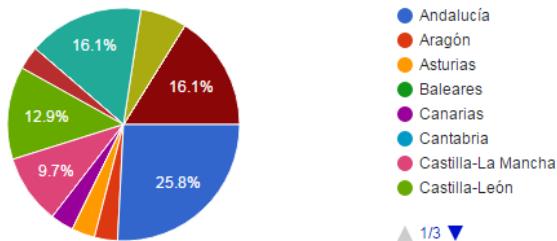


Figura 7: Momento de los cursos compitiendo

El 100 % de los alumnos fueron capaces de programar su robot para que éste fuera capaz de terminar el circuito.

Se realizaron encuestas a todos ellos para obtener una valoración sobre el desarrollo de los campus, y sobre todo respecto a la construcción de robots y su programación en Bitbloq. En las siguientes figuras se muestran los datos más relevantes de dicha encuesta. Como se puede observar, de los 32 alumnos, 3 valoraron a Bitbloq con un 3, 12 lo valoraron con un 4, y 17 con un 5 (siendo la valoración máxima posible un 5 y la mínima un 1).

Selecciona la región de donde procedes (31 responses)



▲ 1/3 ▼

Figura 8: Procedencia de los alumnos en los CCV

Selecciona, el nivel que has cursado este año (32 responses)

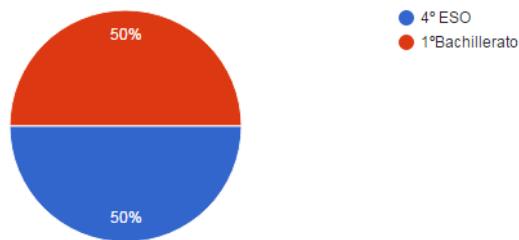


Figura 9: Nivel de estudios de los alumnos

Califica los contenidos

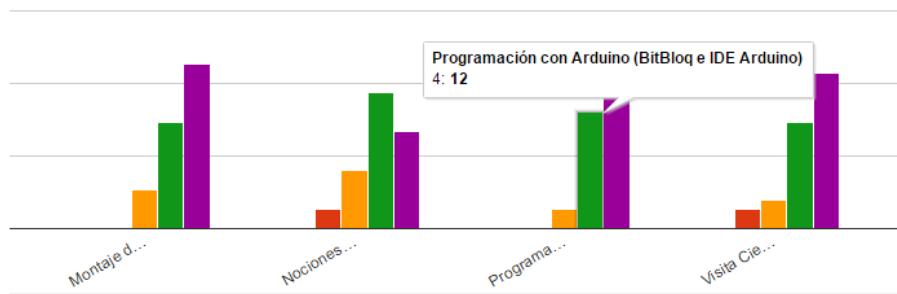


Figura 10: Calificación del montaje del robot y de la programación en Bitbloq

La siguiente imagen muestra una *recorte* de prensa con la repercusión mediática de los Campus.



Figura 11: Noticia en la prensa sobre la celebración de los campus

### 3.2. Pruebas de los robots modulares con alumnos de 4º de secundaria

Se ha organizado para el primer trimestre de 2017 junto con el profesor de tecnología Francisco Javier Artega del instituto Santa María de Alarcos de Ciudad Real unos talleres donde los alumnos de 4º de Secundaria utilicen los robots *tipo* específicos del paquete de trabajo 4 junto con la versión de Bitbloq expuesta en el entregable 4.6. En dichas sesiones se realizarán las siguientes experiencias para comprobar la utilizada del proyecto BOTBLOQ en la enseñanza de la robótica para alumnos de secundaria:

- Aprendizaje de los diferentes robots, sus utilidades y sus métodos de locomoción. Los alumnos dispondrán de la herramienta de diseño semiautomático desarrollada en el paquete de trabajo 4 para experimentar cómo según los requisitos dados, el resultado de diseño es diferente. Una vez que hayan experimentado se les presentará algunas explicaciones o razonamientos que justifican los robots diseñados para la realización de ciertas actividades. Se les explicará aspectos de locomoción según el tipo del robot y los alumnos podrán ver y experimentar con robots reales dichos sistemas de locomoción. Esta actividad pondrá a prueba la capacidad de la herramienta de diseño semiautomático para la generación de robots y sus controladores.
- Aprendizaje en la programación básica de robots. Gracias a la adaptación de Bitbloq a las configuraciones de robots de este paquete de trabajo, los alumnos podrán poner en práctica programas que implementen comportamientos básicos en los diferentes robots. Algunas de estas actividades serán: seguimiento de líneas en robots con ruedas, caminada en función del número de patas, etc. Esta actividad pondrá a prueba la integración en Bitbloq de los robots del paquete de trabajo 4.
- Por último, los alumnos tendrán un conjunto de bloques y se les pedirá que diseñen y construyan su propio robot inventado. Esto pondrá a prueba la capacidad de la plataforma robótica modular para generar cualquier tipo de robot.

## 4. Pruebas de los robots modulares con Profesores de IES

Con el título *Cinemática de un robot como instrumento para mejorar tus proyectos tecnológicos* se han realizado 5 cursos para 150 profesores de Secundaria y FP de la región de Castilla - La Mancha utilizando los robots desarrollados en Botbloq. De esta manera se ha puesto a prueba la capacidad de Botbloq para servir de apoyo a los docentes y mejorar su formación sobre aspectos que nunca, o muy pocas veces, se han tenido en cuenta en la Robótica . La cinemática es el estudio del movimiento de un robot respecto a un sistema de referencia. La actividad formativa ha consistido en adquirir conocimientos y conceptos generales de robótica tales como Grados de Libertad de un Robot (GDL), la morfología del robot, coordenadas articulares, posición y orientación de un robot, etc. Esta formación se complementa con los conocimientos necesarios para calcular la cinemática de por métodos trigonométricos y posteriormente se ha utilizado la plataforma robótica modular de botbloq como demostrador real de dichos cálculos cinemáticos.

El curso, organizado por el Centro Regional de Formación de Profesorado (CRFP) dependiente de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha ha tenido 5 sesiones presenciales:

- Albacete: 23 de enero. Lugar: IES AL-BASIT Av de España N<sup>a</sup> 42 Albacete
- Toledo: 24 de enero. Lugar: Escuela Administración Regional , Calle Rio Cebriel s/n (Polígono Industrial).
- Ciudad Real: 25 de enero. Lugar:IES TORREÓN DEL ALCÁZAR Av. Torreón del Alcázar 6.
- Cuenca: 26 de enero (4 horas). Lugar:CEPA LUIS AGUIRRE Calle San Esteban, 1
- Guadalajara: 30 de enero (4 horas). Lugar: EOI Sección Río Tajo. Calle Poeta Ramón de Garciasol s/n

A continuación se muestra algunas imágenes del desarrollo del curso con profesores de Secundaria y robots manipuladores de Botbloq utilizados para el cálculo cinemático.



Figura 12: Ponencia ante profesores de Secundaria para la utilización de botbloq para la enseñanza de la cinemática de un robot



Figura 13: Ponencia ante profesores de Secundaria para la utilización de botbloq para la enseñanza de la cinemática de un robots

## 5. Pruebas alumnos de grado

La plataforma BOTBLOQ ha sido utilizada para la realización de varios proyectos en el Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática impartido en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Ciudad Real.

Cabe resaltar un proyecto, desarrollado por el alumno Carlos García Vacas, en el que estudió las posibilidades de BOTBLOQ para el desarrollo de diferentes robots.

Las siguientes robots son un resumen de algunos de los casos de uso estudiados por el alumno en su proyecto.

- Robot Manipulador de tres grados de libertad

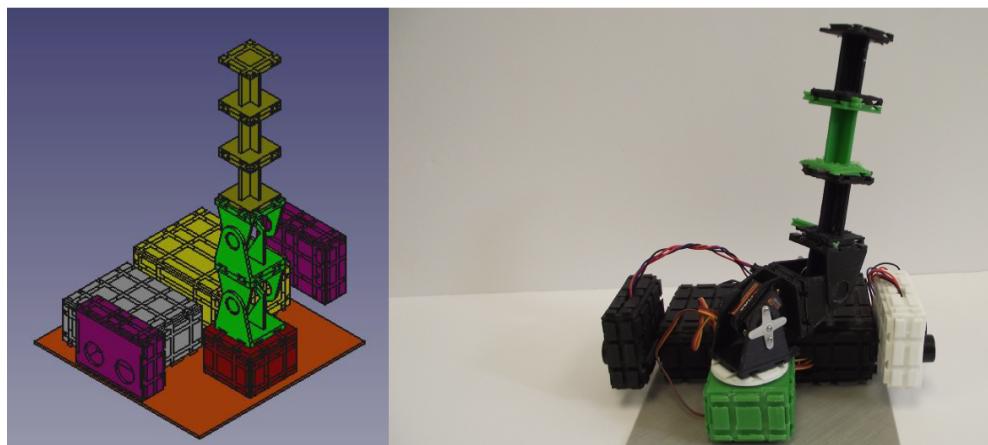


Figura 14: Robot manipulador desarrollado por el alumnos Carlos García Vacas

- Robot móvil con brazo robótico

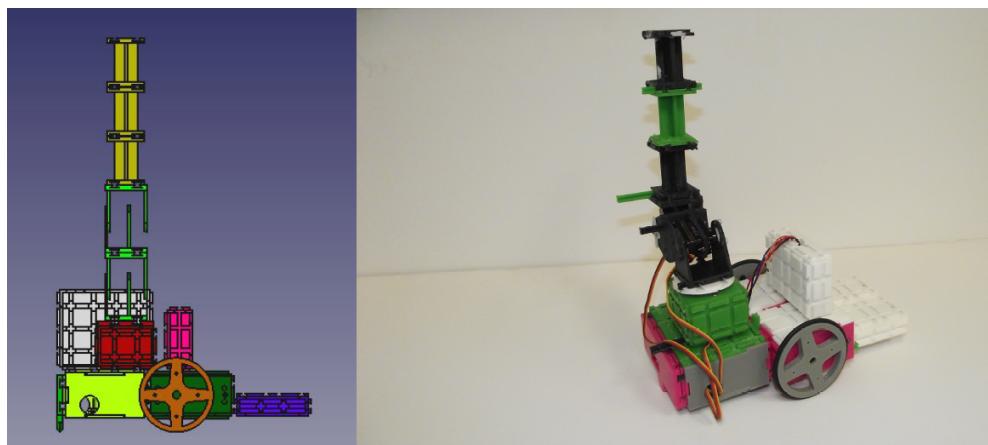


Figura 15: Robot Robot móvil con brazo robótico desarrollado por el alumnos  
Carlos García Vacas

- Robot Zowi versión modular

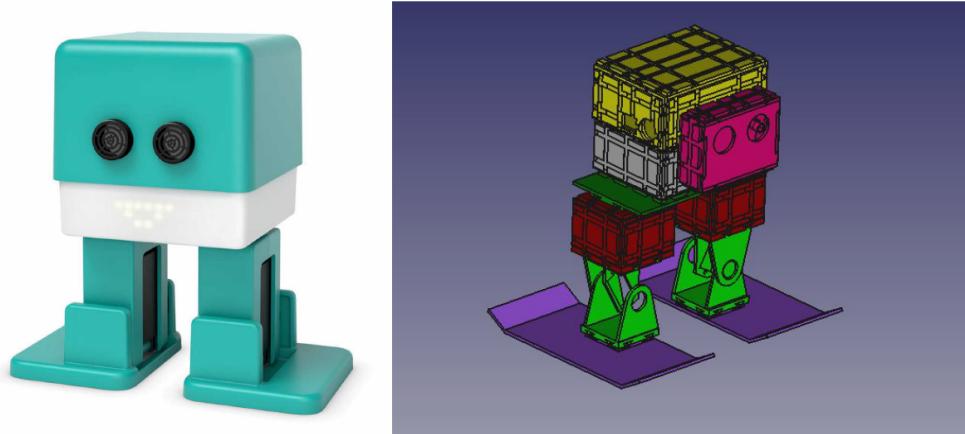


Figura 16: (izquierda) Robot Zowi de BQ original, (derecha) Modelo de robot desarrollado por el alumno con la arquitectura BOTBLOQ )

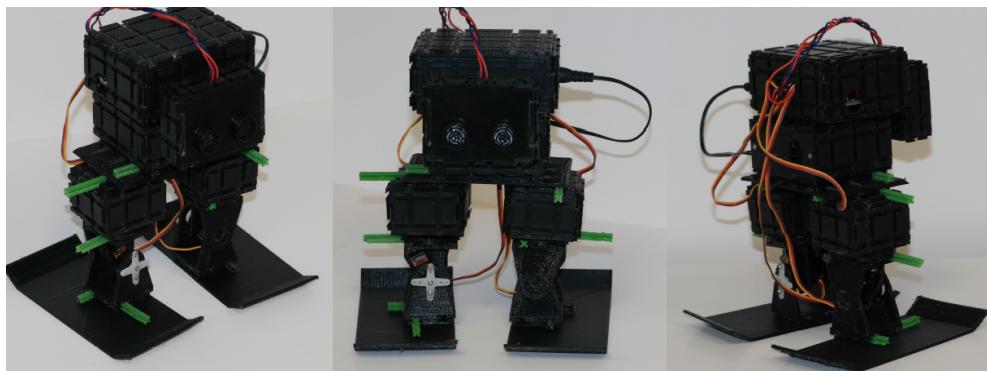


Figura 17: Robot equivalente a Zowi de BQ por el alumno con la arquitectura BOTBLOQ )

El trabajo realizado por el alumno da una idea de la multitud de diseños que pueden surgir utilizando la arquitectura modular de BOTBLOQ. Dicho trabajo fue presentado como Trabajo Fin de Grado, obteniendo una nota de Sobresaliente.

## 6. Pruebas alumnos máster, doctorandos e investigadores

La plataforma BOTBLOQ está siendo utilizada actualmente por alumnos de máster, doctorado y profesores de la UCLM como herramienta para investigación en diferentes ámbitos de la robótica. Es decir, los robots generados con la plataforma modular de BOTBLOQ tienen la tecnología y potencial suficiente para ser usados en investigación. Esto es posible gracias a dos aspectos fundamentales: las infinitas posibilidades de diseño mecánico que ofrece su arquitectura modular y su integración bajo el framework de ROS. De hecho, la mayoría de los robots mostrados en el entregable 4.6 son robots tan complejos que su sola construcción y control son demostradores del potencial de BOTBLOQ en investigación. A continuación se detallan solo algunas de las líneas de investigación más punteras en las que se utiliza BOTBLOQ:

- Desarrollo de planificadores para robots humanoides. Los trabajos de investigación del grupo Robind con robots humanoides utilizan como plataforma experimental un robot humanoide realizado con la plataforma modular de BOTBLOQ. En particular cabe destacar las siguientes líneas de investigación:
  - Desarrollo de planificadores avanzados de caminada. La figura siguiente muestra un ejemplo de las trayectorias cartesianas generadas por los planificadores que se están desarrollando.

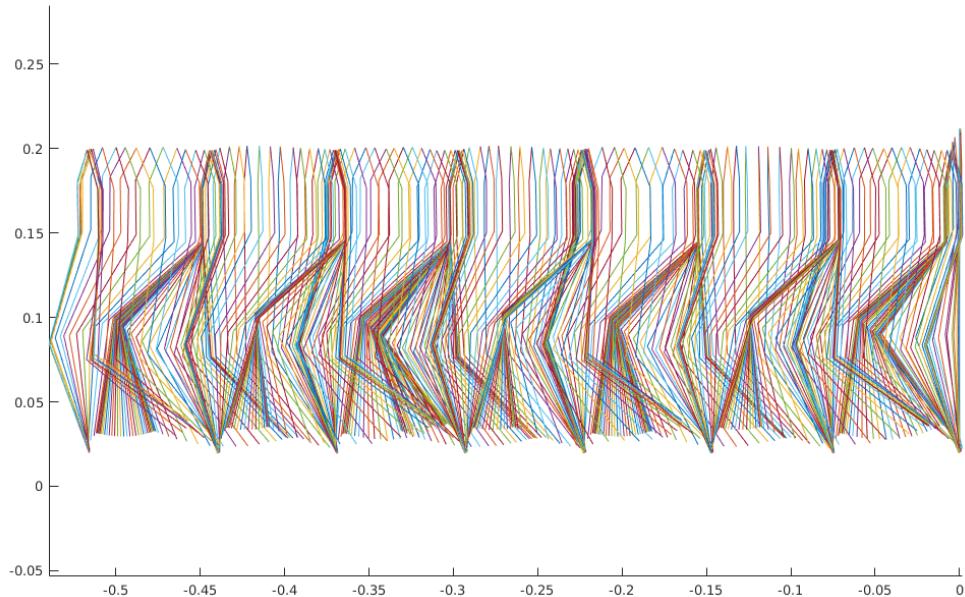


Figura 18: Planificación de la caminada del robot humanoide )

- Desarrollo de planificadores globales sobre robots humanoides que permitan a los robots replanificar de manera dinámica las trayectorias a medida que van apareciendo obstáculos
- Estudio de la optimización de eslabones en robots con cadenas cinemáticas complejas. Esta investigación está encaminada a reducir el coste y mejorar la resistencia de los robots construidos a partir de tecnologías de impresión 3D. En las siguientes figuras muestra un ejemplo gráfico de este estudio en donde en función de las cargas de varios robots la estructura interna de los eslabones varía para minimizar el volumen de material necesario para conseguir una determinada resistencia a flexión del eslabón. Parte de este estudio se presentó en el Entregable 4.3.

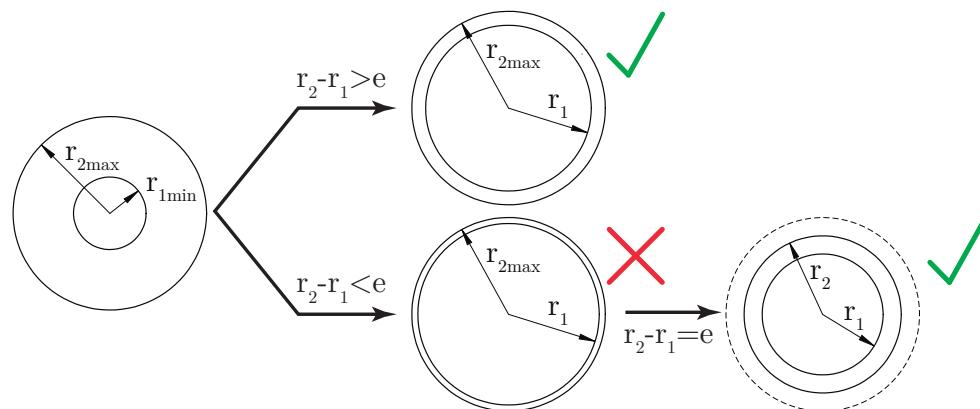


Figura 19: Cálculo de la sección de los eslabones de un robot manipulador )



Figura 20: Comparativa de dos robots y de sus eslabones a partir de las especificaciones de funcionamiento )

Los resultados de todos estos trabajos de investigación están pendientes de publicación y a fecha de redacción de esta memoria han sido enviados alguna de las conferencias más importantes en robótica como es ICRA o IROS organizadas por el IEEE.