

ESTADO DE LA TECNOLOGÍA EN ROBÓTICA EDUCATIVA PARA LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Verónica González, Raúl Péruña-Martínez, Félix R. Cañadillas, Miguel A. Salichs, Carlos Balaguer
{vegonzal, rperula, ferodrig, salichs, balaguer}@ing.uc3m.es
Robotics Lab, Universidad Carlos III de Madrid

Resumen

La robótica educativa está a la orden del día. Varias empresas llevan trabajando en este campo más de 50 años y otras se están uniendo a esta industria. La falta de productos adaptados para su uso en centros educativos y los altos precios hacen que haya una carencia docente en tecnología. En este artículo se presentan y describen los kits de robótica educativa con mayor relevancia de las empresas en auge en el sector. Además, se presenta una comparativa que evalúa los factores más importantes para una adecuada calidad docente. Por último, se muestran las condiciones necesarias para que un producto sea asequible para cualquier centro educativo.

Palabras clave: Creatividad, Robótica educativa, Docencia, Innovación, Educación motivacional, STEM.

Keywords: Creativity, Educational robotics, Teaching, Innovation, Motivational education, STEM.

1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, nadie pone en duda que las nuevas tecnologías son parte esencial de nuestra vida [18] y que las nuevas generaciones necesitan aprender desde edades tempranas como trabajar con ellas.

Cada día vivimos en un mundo más tecnológico, que nos demanda más conocimientos sobre informática, ingeniería, tecnología y telecomunicaciones, lo que hace necesaria la incorporación de estas ramas dentro de los contenidos educativos. Esto es una realidad en la Comunidad de Madrid que ya ha anunciado la creación de una nueva asignatura curricular denominada Tecnología, Programación y Robótica [10][6].

La constante innovación de las herramientas tecnológicas complica tanto a los docentes como al alumnado estar a la vanguardia del conocimiento y control de estas herramientas [8]. Además, tanto las instituciones educativas como un gran número de docentes son reticentes al uso de nuevas tecnologías dentro de las aulas, lo que complica en gran medida el aprendizaje tecnológico.

Debido a estas deficiencias en el programa educativo español, existe una incipiente demanda de cursos extraescolares orientados a la especialización en este sector que ha aumentado exponencialmente en los últimos años [9].

Además de las clásicas clases extraescolares de lenguas extranjeras, deporte y de refuerzo en asignaturas obligatorias como las matemáticas y la lengua, está creciendo la demanda de clases extraescolares basadas en conceptos STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

Este artículo se estructura de la siguiente manera. La Sección 2 detalla los principales productos destacados en robótica educativa. La Sección 3 contiene una comparativa de los principales factores a tener en cuenta para su implantación en educación secundaria. Por último, la Sección 4 presenta las conclusiones del trabajo realizado.

2 HERRAMIENTAS EDUCATIVAS EN ROBÓTICA

En esta sección se mostrarán los principales productos de robótica educativa [17] que existen en el mercado, todos ellos orientados al uso en la educación secundaria.

2.1 LEGO

LEGO es una empresa originaria de Dinamarca fundada en 1932 y muy conocida por sus *bricks* de plástico. Su técnica de ensamblaje es mundialmente conocida por la sencillez para unir sus piezas, permitiendo que un niño construya cualquier creación.

LEGO proporciona una línea de robótica educativa que incluye el hardware y software necesario para crear un robot programable y modular. Tiene diseño totalmente cerrado no requiriendo conocimientos de mecánica por parte del usuario y facilitando la conexión de toda su electrónica.

Existe una gama variada de softwares disponibles para la programación de esta plataforma robótica. El software oficial está disponible en su página web. Enchanting [7], basado en Scratch, es una



Figura 1: Kit LEGO Mindstorms EV3.

opción para los más pequeños. RobotC [19], ideal para usuarios con ganas de iniciarse en la programación C. También existen módulos disponibles para Matlab [13] y LabView [15], permitiendo la programación en sus propios lenguajes.

Existen manuales de construcción y vídeo tutoriales [12] para todos los usuarios. Además, existe un Centro Certificador Oficial reconocido por Lego Education [11] donde proporciona programas de formación para docentes y formadores.

El kit comercializado por Lego en la actualidad es Lego Mindstorms EV3, con un precio de 399€, el cual se detalla a continuación.

2.1.1 LEGO Mindstorms EV3

Este kit [12] incluye una gran cantidad de piezas, sensores y motores que son conectados al *brick* principal (cerebro del robot) en el lugar indicado. Esto permite crear robots de cualquier morfología y aspecto (Figura 1).

Cabe destacar que todas las piezas son compatibles con su modelo anterior Lego Mindstorms NXT. También existe la posibilidad de ampliar el catálogo de Lego con el adaptador para sensores Venier [16], permitiendo la conexión con sensores de esta marca.

2.2 VEX

La empresa VEX Robotics ha creado una plataforma robótica llamada VEX IQ [24], cuyo objetivo principal es introducir a jóvenes estudiantes y profesores en la robótica y en los campos de STEM.

Esta plataforma contiene una gran cantidad de accesorios: piezas, sensores y motores, para crear tu propio robot móvil. Su diseño es completamente modular y reconfigurable, permitiendo construcciones totalmente libres. El diseño es cerrado sin acceso a la electrónica, teniendo que conectar únicamente los sensores y motores al cerebro principal.

Hay distintos softwares para programar esta plataforma, como Modkit [14] y EasyC [4], ambos



Figura 2: Kit VEX IQ.

con programación por bloques que permite programar el robot de una forma muy sencilla. RobotC también está disponible.

Existen multitud de manuales [24] para proporcionar un rápido aprendizaje a los estudiantes.

2.2.1 Kit VEX IQ

El kit completo (Figura 2) de esta plataforma está compuesto por 4 motores pequeños, 7 sensores, 1 controlador (mando) y 1 *robot brain* (cerebro), además de las baterías. Este kit incluye unas 850 piezas para crear la estructura.

También existen kits básicos compuestos por 1 *robot brain*, 4 motores y un mínimo de sensores, donde el consumidor puede elegir entre obtener más sensores o 1 controlador. Todos los kits vienen con el mismo número de piezas para construir la estructura. El precio mínimo de este kit es de 229.9€.

2.3 FischerTechnik

FischerTechnik [5] es una empresa alemana que fabrica juguetes educativos desde 1965. Todos los conjuntos de construcción están hechos para que idealmente se puedan combinar unos con otros.

Las bases del sistema son bloques de construcción los cuales permiten accesorios o expansiones tales como bloques angulares, partes estructurales, o numerosos componentes electrónicos como sensores y actuadores.

El software que ofrece para programar sus kits es monoplataforma (Microsoft Windows) y consiste en una programación funcional basada en diagramas de flujo. Todo el software está disponible para descargar online junto a los manuales.

Aunque tiene muchos kits diferentes, la mayoría no están orientados a robótica, sino a montajes de construcción de juguetes inanimados. A continuación se van a destacar tres de los kits más relevantes.



Figura 3: FischerTechnik ROBOTICS TXT Discovery Set.

2.3.1 MiniBots

Este kit contiene la posibilidad de crear 5 modelos diferentes de un robot móvil de pequeña escala. El kit contiene una estructura básica a la cual se le puede modificar solo la parte frontal. El precio de este kit ronda los 135€.

2.3.2 ROBO TX Explorer

Este kit contiene la posibilidad de crear 6 modelos diferentes de un robot móvil al cual sólo se le puede modificar la parte frontal. El precio de este kit ronda los 225€.

2.3.3 ROBOTICS TXT Discovery Set

Este kit, que se muestra en la Figura 3, contiene 14 modelos diferentes, teniendo la posibilidad de crear varios modelos de un robot móvil. El resto de modelos no están relacionados con la robótica sino con sistemas automatizados. El precio de este kit ronda los 595€.

2.4 Arduino Robot

Arduino es una empresa dedicada principalmente a la creación de placas de control de bajo coste, cuya principal característica es que son placas basadas en hardware libre. Cuenta con un gran número de usuarios que han hecho de Arduino la mayor comunidad de creadores de hardware y software del mundo. Además, todas sus placas cuentan con un gran número de placas de expansión y con kits de expansión de hardware.

Entre uno de los desarrollos de Arduino, destaca el denominado Arduino Robot [1], el cual se muestra en la Figura 4. Éste es un robot móvil que cuenta con 2 motores DC, 2 procesadores (uno para la programación de algoritmos y otro de control de bajo nivel), 1 pantalla LCD, 1 botonera de control y gran cantidad de sensores.



Figura 4: Arduino Robot.

Una de las características más destacables de este robot es la utilización del entorno de desarrollo propio de Arduino, haciendo muy sencilla su programación. Existe gran cantidad de ejemplos de programación debido al gran número de usuarios que utilizan el mismo entorno de desarrollo. El precio del Arduino Robot es de 218€.

2.5 BQ

Bq [2] es una marca española dedicada al diseño, venta y distribución de lectores electrónicos, tabletas, teléfonos inteligentes (smartphones), impresoras 3D y kits de robótica.

Los kits de robótica empezaron a comercializarse en 2012. Además, proporcionan una plataforma online en la cual muestran contenido multimedia de cómo usar sus productos.



Figura 5: Bq Kit PrintBot Evolution.

El software que se ofrece para programar sus kits es multiplataforma, ya que está basado en una plataforma web específica para el navegador Google Chrome. La programación consiste en pequeños bloques que se pueden ir encadenando para formar el programa. La mayoría del software se encuentra disponible en la página oficial de GitHub de la empresa.

Todos los kits de robótica que ofrecen se caracterizan por ser DIY (Do It Yourself), es decir, hechos por uno mismo. Un dato importante es

que ninguno de los kits incluye baterías. Cabe destacar los dos que a continuación se detallan.

2.5.1 BQ PrintBot Renacuajo

Este kit contiene la estructura para hacer el montaje de 1 modelo. Además, contiene 1 placa controladora Freaduino UNO, 1 portapilas, 2 sensores IR, 2 servomotores de rotación continua, 1 módulo BT, y 1 cable mini USB. Las posibilidades que ofrece este kit son para realizar un robot sigue líneas. El precio de este kit es de 59.90€.

2.5.2 Kit PrintBot Evolution

Este kit (Figura 5) contiene la estructura base de soporte para hacer el montaje de 1 modelo. Además, contiene 1 placa controladora ZUM BT-328, 1 portapilas, 2 sensores IR, 2 servomotores de rotación continua, 2 sensores de luz, 1 miniservo, 1 zumbador, 1 sensor ultrasonido, y 1 cable mini USB. Las posibilidades que ofrece este kit son para realizar un robot sigue líneas, un evita obstáculos o un sigue luz. El precio de este kit es de 99.90€.

2.6 MiniRobots

La empresa MiniRobots ha desarrollado un conjunto de kits que contienen una plataforma destinada a la educación, totalmente cerrada.

La estructura del robot no tiene un diseño modular, pero si tiene diferentes ampliaciones de las que se puede disfrutar. También proporciona compatibilidad con RaspberryPi.



Figura 6: Kit básico de mOway

El software utilizado para su programación es mOwayworld [23], el cual se basa en una programación en bloques. También está disponible el software Scratch [21]. Y si el usuario prefiere una programación en C está disponible el entorno de programación MPLAB [23].

A continuación se detallan los dos modelos de plataforma de MiniRobots.

2.6.1 mOway

El kit básico (Figura 6) de mOwayduino [23] incluye 1 robot mOway y 1 cable USB para su conexión al ordenador. Sus ampliaciones permiten la utilización de diferentes accesorios: módulos de comunicación (wifi o radiofrecuencia), un sistema de visión o una expansión para desarrollar circuitos electrónicos propios. Además, uno de los kits incluye una RaspberryPi para programar el robot a través de ella.

Dependiendo de su configuración, el precio de los kits mOway puede oscilar entre 149€ y 310€, sin contar sus ampliaciones.

2.6.2 mOwayduino

Además de mOway, existe mOwayduino [23], robot de código abierto el cual mezcla el sistema mOway con la tecnología de Arduino. El kit básico incluye 1 robot mOwayduino, 1 cable USB y el software para su programación. A diferencia del modelo anterior, mOwayduino es programable con la IDE de Arduino. Este robot también dispone de los accesorios descritos anteriormente.

Al igual que mOway, dependiendo de la configuración del kit, su precio oscila entre 139€ y 259€.

2.7 Robotis

Robotis es una empresa coreana dedicada al desarrollo de kits de robótica educativa para diferentes edades. A continuación se describen los kits de robótica educativa orientados a alumnos de enseñanza secundaria.

2.7.1 Robotis STEM

Robotis STEM [22] es un kit de robótica modular que permite realizar 7 montajes de diferentes robots y que además cuenta con la posibilidad de expandir el kit básico, aumentando el número de montajes posibles hasta 9. En la Figura 7 se muestra el kit Robotis STEM, así como algunos de los posibles montajes.



Figura 7: Robotis STEM.

La programación se realiza a través de la

plataforma de desarrollo propia denominada RoboPlus, aunque también se puede hacer a través del desarrollo de código C/C++ que acepta la controladora CM-530.

El kit cuenta con dos libros impresos, uno de ellos de montaje de los robots y el otro con diferentes ejercicios que fomentan el aprendizaje de conceptos STEM. El precio de este kit es de 349€.

2.7.2 Darwin-Mini

El robot mini-humanoide Darwin-Mini [20], el cual se muestra en la Figura 8, es un robot desarrollado por Robotis como iniciación a la robótica humanoide. Este robot está inspirado en su hermano mayor, el robot Robotis Darwin. El robot Darwin-Mini cuenta con 16 grados de libertad y su montaje se realiza de manera sencilla, ya que utiliza los mismos conectores que el sistema STEM.



Figura 8: Robotis Darwin-Mini.

El robot Darwin-Mini puede programarse con el software de desarrollo propio de Robotis (RoboPlus) o a través del IDE de Arduino, ya que la controladora CM9.04c que utiliza está basada en arquitectura Arduino. El precio del robot Darwin-Mini es de 659€.

2.8 Cebek

Cebek [3] es una empresa española basada en el diseño, fabricación y distribución de productos electrónicos que funciona desde el año 1979. Con una amplia gama de productos, la mayoría no relacionados con robótica, sino con electrónica. Incorporaron en 2007 una sección de productos educativos con la marca Cebekit.

El software que ofrece para programar sus kits es monoplataforma (Microsoft Windows) y consiste mayormente en una interfaz de teleoperación y grabación de movimientos prefijados que luego pueden reproducirse.



Figura 9: Cebek Brazo robótico Cebekit.

La mayoría de sus productos relacionados con robótica son juguetes que no pueden ser programados, sino sólo telecontrolados. No obstante, han incorporado un nuevo producto que puede ser programado, se detalla a continuación.

2.9 Brazo robótico Cebekit

Este kit (Figura 9) contiene un brazo robótico con 5 grados de libertad. Equipado con 5 motores independientes, las palancas de la unidad de control controlan la rotación de la base, el movimiento del codo y de la muñeca, y la apertura y cierre de la pinza. Tiene la posibilidad de agarrar, liberar, levantar, bajar y girar. Además, contiene una luz de búsqueda en la pinza. El precio de este kit es de 57.40€.

3 COMPARATIVAS

En este apartado se realizan varias comparativas sobre los factores clave que deben cumplir los kits de robótica educativa para la correcta implantación en la educación secundaria.

3.1 Comparativa: contenido tecnológico

Uno de los puntos interesantes a comparar es el contenido de los kits de robótica educativa, es decir, cómo son los robots de dichos kits y los componentes que lo integran. Para que un kit de robótica educativa sea apto para su integración en la educación secundaria éste debe ser modular, expansible, fácil de programar y seguro.

La **modularidad** es un punto clave a la hora de fomentar la creatividad de los alumnos, ya que un robot que sea modular será sencillo de modificar y proporcionará al alumno una mayor dedicación a la creatividad y no a la resolución de problemas estructurales del robot. Entre los robots descritos anteriormente vemos que muchos de ellos son modulares a excepción de los robots mOway, el robot Cebek, el Arduino Robot, los robots de Bq y el Robotis Darwin.

Que el robot sea **expansible** sigue la línea de

aportes al alumno de la modularidad. Habitualmente los kits de robótica educativa son limitados y tras varias actividades realizadas es imposible realizar mejoras hardware al robot o nuevos robots. Por tanto, los kits de robótica educativa deben facilitar la expansión con nuevos componentes que permitan realizar nuevas actividades o retos tecnológicos. Los robots más expansibles son el Arduino Robot, los robots de Bq y el Lego Mindstorms. El resto de kits de robótica, o son completamente cerrados y no permiten la incorporación de nuevos elementos electrónicos o, su incorporación es dificultosa.

Otro punto clave a analizar es la **sencillez en la programación**. Los robots deben programarse fácilmente mediante el uso de entornos de desarrollo sencillos. Además, es conveniente que estos entornos de desarrollo no sean disruptivos con los entornos o lenguajes de programación profesionales, de tal forma que los alumnos comiencen a familiarizarse con ésta. Por último, cabe destacar que los conceptos de programación deben estar adaptados a las edades de los alumnos, es decir, deben empezar programando robots sencillos que les enseñen conceptos básicos de programación y no comenzar con robots complejos como son los robots antropomórficos (Darwin-Mini). Se puede concluir que los kits más asequibles para una programación sencilla y no disruptiva son los basados en programación C, como los kits de Bq, el Arduino Robot y los kits de miniRobots.

El último punto clave a comparar es la **seguridad**. Los alumnos de secundaria no están habituados al uso de electrónica, lo cual puede producir conexiones erróneas en el robot o, el contacto con elementos electrónicos peligrosos que podrían producir una descarga eléctrica sobre el alumno. Por ello, es conveniente que las conexiones de los robots sean sencillas y seguras, además de tener una electrónica embebida en un protector. Los kits de robótica que tienen la electrónica protegida y con conexiones sencillas son la mayoría de los descritos anteriormente exceptuando el Arduino Robot, los robots de Bq y mOwayduino.

3.2 Comparativa: contenido docente

En esta comparativa se van a examinar los pros y contras que tienen los diferentes kits de robótica educativa en base al contenido docente del que disponen.

Uno de los puntos más importantes es si los kits contienen un **manual de usuario** con las instrucciones básicas de montaje y desmontaje. Los kits de Lego, VEX y Fischertechnik suelen traer siempre un manual de usuario con los montajes de los modelos que se pueden realizar. Los kits de Robo-

tis también son bastante completos en este sentido, añadiendo un libro guiado en sus kits. En cambio, los kits de Arduino Robot, Bq, o Cebek, no contienen ningún tipo de manual de este tipo para su montaje.

Otro de los puntos a tener en cuenta es la existencia de **ejemplos prácticos** que sirvan como ayuda al aprendizaje de la programación de los kits. Como en general la programación en cada uno de los kits es bastante diferente, existen plataformas como las de Lego, VEX o Fischertechnik que llevan ya muchos años funcionando y que poco a poco han ido recopilando los ejercicios prácticos que se podían desarrollar con sus kits. Luego están Robotis y Minirobots con libros y guías online respectivamente. Por otro lado, tanto los kits de Bq como el Arduino Robot son plataformas hardware abiertas de las cuales se pueden encontrar ejercicios prácticos en diversas páginas web. Por último, para los kits de Cebek es bastante complicado encontrar algún ejemplo de este estilo.

El último punto a destacar es si existe un **soporte o ayuda online** de la cual haya comunidad y se puedan hacer ayudas interactivas, o bien donde otros hayan publicado sus proyectos online. En este caso, el único que tiene algo de este estilo es *Bq*, con su plataforma online DIWO. El resto tienen algo parecido, por ejemplo *Fischertechnik*, con un club de fans en el que sólo añaden información de otros proyectos, *Robotis*, con algo llamado e-manual en el que aportan información extra sobre sus productos, o *Minirobots*, con otro club de fans.

3.3 Comparativa: precios

Otro punto importante a comparar son los **precios** de los kits de robótica expuestos en este artículo. Hoy en día, en la mayoría de las casas y centros educativos, es necesario tener un control estricto sobre los gastos en material educativo y de ocio. Por lo que gracias a la comparativa de precios se puede conseguir un ahorro importante.

A la hora de adquirir un kit educativo, a parte de considerar cuáles son las necesidades principales hay que tener en cuenta otros factores que pueden afectar al precio final como por ejemplo, todos los accesorios que no incluya el kit, es decir, expansiones o repuestos adicionales para posibles ampliaciones. Todo esto puede suponer un coste adicional al precio base del kit.

Por un lado, si el presupuesto disponible es muy ajustado, los kits de menor coste los encabezan las empresas Bq y Cebek. Los precios de sus kits educativos oscilan entre 57.40€ y 99.90€ siendo

la línea de Cebek la más económica. Los precios de los accesorios de estas plataformas oscilan entre 5.90€ y 34.90€. Precios bastante asequibles para obtener un kit completo de robótica.

Por otro lado, las plataformas con un precio medio son FischerTechnick, Arduino y Minirobot. El intervalo de precios de sus kits oscila desde 132.90€ para los kits más básicos hasta 594€ para los kits más completos, siendo estos precios más elevados en comparación a los productos anteriores. Si además se quiere incorporar más accesorios, los kits de FischerTechnick y Minirobot podrían aumentar su valor entre un rango de 10€ a 355€. En algunos casos, esta combinación puede llegar a un coste bastante elevado. El Arduino Robot en cambio no tiene ampliaciones, manteniendo su precio en 218€.

Por último, las plataformas de mayor coste son LEGO, VEX y Robotis. VEX es la línea más económica de estas tres marcas, cuyos kits oscilan entre 229.90€ y 299.90€. Le sigue LEGO con su único kit cuyo precio está en los 399€. Robotis alcanza el precio más alto con sus kits, cuyo intervalo de precio está entre 349€ y 659€. Los accesorios de LEGO y VEX oscilan entre 4.99€ y 199.90€, con lo que al final el coste de todo el producto puede llegar a ascender a una cantidad muy elevada. Robotis en cambio no tiene posibilidad de ampliación con accesorios.

3.4 Comparativa resumen

En la Tabla 1 se muestra una recapitulación de las comparativas realizadas anteriormente con todos los productos analizados con el fin de reflejar de manera sencilla y visual los puntos fuertes y débiles de los kit de robótica educativa para la enseñanza secundaria.

4 CONCLUSIONES

En este artículo se ha mostrado como el auge de nuevas tecnologías en los centros educativos de secundaría está a la orden del día, sobretodo en materia de robótica educativa. Además, se han expuesto las marcas y productos más destacados que actualmente son utilizados para tales efectos, estando estos adaptados a las edades y conocimientos de los alumnos que los utilizarán.

Por otro lado, se ha realizado una comparativa en la que se han expuesto las características imprescindibles que debería tener todo kit de robótica educativa para fomentar el aprendizaje y el interés en un alumno. Estos deben de ser modulares y extensibles, para crear todo tipo de ampliaciones fomentando así la creatividad. Además, deben

tener una programación fácil e intuitiva para que el alumno no pierda el interés. También son importantes los manuales de usuario y ejemplos prácticos que faciliten y amenicen el aprendizaje. Por último, el precio es uno de los factores importantes debido a que muchos centros educativos tienen presupuestos muy ajustados aun contando con las ayudas que les ofrecen.

Teniendo en cuenta todos estos factores, se ha realizado un comparativa resumen donde se puede encontrar rápidamente cuales son las ventajas e inconvenientes de los productos descritos anteriormente. Además, se pueden ver claramente las carencias de cada uno de ellos y por donde debería mejorar el mercado. Se puede concluir entonces que actualmente ninguno de los productos que existen en el mercado cumple con todas las características deseables para ser un kit de robótica educativa.

El mercado sigue abierto y evolucionando a expensas de que la robótica educativa se imponga como materia clave en los centros educativos de secundaria.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto RoboCity2030-III-CM (Robótica aplicada a la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. Fase III; S2013/MIT-2748), financiado por el Programa de Actividades I+D en la Comunidad de Madrid y cofinanciado por los Fondos Estructurales de la Unión Europea.

Referencias

- [1] Arduino Robot. Página web oficial del Arduino Robot. Último acceso: 15/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/W1JFps>.
- [2] Bq. Página web sección productos robótica Bq. Último acceso: 15/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/mlQvMd>.
- [3] Cebek. Página web sección productos robótica Cebek en Fadisel. Último acceso: 15/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/kVC8t1>.
- [4] EasyC. Página web oficial de Intelitek. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/658u5j>.
- [5] Fischertechnik. Página web sección productos robótica de Fischertechnik. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/TZaaH0>.
- [6] El País. Qué van a aprender los alumnos de ESO con la nueva asignatura de Programación. El País. Último acceso: 15/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/dzm3Uh>.

Tabla 1: Resumen de las comparativas.

	LEGO Mindstorms EV3	VEX	FischerTechnik MiniRobots	FischerTechnik ROBO TX Explorer	FischerTechnik ROBOTICS TXT	Arduino Robot	Bq Renacuajo	Bq Evolution	MiniRobots mOway	MiniRobots mOwayduino	Robotis STEM	Robotis Darwin-Mini	Cebek
Modulable	▲	▲	▲	▲	▲	▼	▼	▼	▼	▼	▲	▼	▼
Extensible	►	▼	▼	▼	▼	▲	▲	▲	▲	▲	▼	▼	▼
Programación	►	▼	▼	▼	▼	▲	▲	▲	►	▲	▼	►	▼
Seguridad	▲	▲	▲	▲	▲	▼	▼	▼	▲	▼	▲	▲	▲
Manual de usuario	▲	▲	▲	▲	▲	▼	▼	▼	►	►	▲	▲	▼
Ejemplos prácticos	▲	▲	▲	▲	▲	►	►	►	▲	▲	▲	▲	▼
Soporte	▼	▼	►	►	►	▼	▲	▲	►	►	►	►	▼
Precio kits	▼	▼	►	►	►	►	▲	▲	►	►	▼	▼	▲

- [7] Enchanting, Página web oficial de Enchanting. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/PByFE>.
- [8] La Vanguardia. Profesores madrileños reciben formación en la Semana Europea de Robótica. La Vanguardia. Último acceso: 15/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/5MtJIy>.
- [9] Leal, Jose F. La clase de la que ningún niño se quiere marchar. El Mundo. Último acceso: 15/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/5H5TzY>.
- [10] Leal, Jose F. Los colegios de Madrid impartirán clases de Programación. El País. Último acceso: 15/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/8JJt2F>.
- [11] LEGO Education Academy, Página web oficial de Ro-botica. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/0y4MQs>.
- [12] LEGO Mindstorms, Página web oficial de LEGO Mindstorms. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/NfpNBG>.
- [13] LEGO Mindstorms EV3 Support from Matlab, Página web oficial de Mathworks. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/j9JjFU>.
- [14] Modkit, Página web oficial de Modkit. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <http://www.modkit.com/>.
- [15] NI LabVIEW for LEGO Mindstorms, Página web oficial de National Instruments. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/RhPgJb>.
- [16] NXT Sensor Adapter, Página web oficial de Vernier. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/kxCOI2>.
- [17] Penalva, Javier. Guía de compras de robots para niños: los mejores modelos según la edad. Xataka. Último acceso: 15/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/nCiUSj>.
- [18] Pérrula-Martínez, R., García-Haro, J.M. , Balaguer, C., Salichs, M.A. “Developing Educational Printable Robots to Motivate University Students Using Open Source Technologies”. Jour. of Inte. and Rob. Sys. 2015.
- [19] RobotC, Página web oficial de RobotC. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <http://www.robotc.net>.
- [20] Robotis Mini, Página web oficial de Robotis Mini. Último acceso: 15/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/QW3sUg>.
- [21] Scratch, Página web oficial de Scratch. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <https://scratch.mit.edu/>.
- [22] Robotis STEM, Página web oficial de Robotis STEM. Último acceso: 15/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/MkR0sU>.
- [23] Robot mOway, Página web oficial de mOway. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <http://moway-robot.com/>.
- [24] VEX IQ, Página web oficial de Vex Robotics. Último acceso: 17/6/2015. Enlace: <http://goo.gl/Q3WFXB>.