

Diseño De Un Robot Modular Para La Enseñanza

Alberto Linero González, Beatriz Amante García

Dept. Proyectos de Ingeniería.

Universitat Politècnica de Catalunya (BarcelonaTECH)

Terrassa, Spain

beatriz.amante@upc.edu

Resumen—Se presenta en este artículo el diseño de un robot modular para la enseñanza, escalable en dificultad que ha sido desarrollado para el nuevo grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Aeronáuticos de Terrassa de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Keywords-Robot modular; programación; desarrollo de módulos; motivación del estudiantado.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el plan de estudios de “Ingeniería en Tecnologías Industriales” (ITI) adaptado al Espacio Europeo de Educación Superior, contiene 34,5 créditos, de un total de 243 créditos de carácter troncal u obligatorio con contenido centrado en el campo de la electrónica, electricidad y programación de dispositivos digitales. Es decir, un 14,9 % de los conocimientos adquiridos durante la misma. Este conjunto de créditos a superar por el alumnado, se encuentran distribuidos en los diferentes cursos y en asignaturas que se puede observar en la tabla I.

TABLA I. Resumen créditos electrónica y programación ITI

Cuatrimestre	Asignatura	CRÉDITOS		
		Totales	Teoría	Prácticos
1B	Informática	6	4,8	1,2
2B	Automática	4,5	3,9	0,6
	Teoría de Circuitos	6	5,4	0,6
3A	Electrónica	4,5		
	Electrotecnia y Máquinas Eléctricas	7,5		
4A	Electrónica Digital	6		
	TOTAL	34,5		

Si nos fijamos en la columna de la tabla I veremos “Cuatrimestre”, donde está codificado con números y letras cuya nomenclatura corresponde el 1 al primer año formativo al que corresponde (del 1º al 4º con ese primer número) y la letra el cuatrimestre “A indica si es de septiembre a enero o B si corresponde de febrero a Julio”.

Dichas asignaturas tienen una parte de contenido teórico

mismas y otra práctica, donde se ponen de manifiesto tanto las competencias específicas además de competencias genéricas o profesionales. Por ello, en este artículo presentaremos un nuevo robot modular cuyo desarrollo consiste en una base móvil programable a la que es posible conectar una serie de bloques dotados de dispositivos electrónicos que permiten aumentar la complejidad del conjunto de forma gradual. El alumno podrá trabajar con esta plataforma en su propia residencia, desarrollando allí casi la totalidad de las prácticas. Con esta medida se persigue reducir los costes económicos que supone la inserción de este nuevo elemento en el entorno universitario (que actualmente se encuentra en una delicada situación económica) sin que el estudiante perciba un deterioro de la calidad educativa, buscando como estrategia el auto aprendizaje del alumno.

Según los principios fundamentales del constructivismo en el campo de la educación se sostiene que el aprendizaje activo y colaborativo aumenta la transferencia del conocimiento [9, 10] haciendo que el aprendizaje sea más eficaz [1-8] Por tanto este robot a través de la práctica permitirá a los estudiantes obtener las competencias específicas desarrolladas en las sesiones magistrales, estar motivados en el desarrollo de los módulos o modificaciones, así como en la programación de los mismos.

En el presente trabajo se presentará alguno de estos módulos desarrollados que servirán de ejemplo a los estudiantes en los primeros cursos y como base para el desarrollo de nuevos y más complejos en los últimos.

Dichos módulos se han orientado al plan de estudios que marca el nuevo grado de “Ingeniería en Tecnologías Industriales”. La finalidad del robot no es otra que la de asentar los conocimientos teóricos adquiridos en las diversas asignaturas, sobre una plataforma que permita al alumnado comprobar empíricamente la utilidad de dichos conceptos aplicados a un elemento físico real, utilizando una estructura motivadora para el estudiante.

En la actualidad estas prácticas son por lo general propias de cada asignatura y no se encuentran interconectadas entre sí, por lo que al estudiante le resulta complicado relacionarlas. Por ello, en el presente artículo presentamos una única plataforma en forma de robot utilizable en las diferentes asignaturas y con grados de dificultad escalables en función de la necesidad, aplicable a diferentes asignaturas de una titulación.

La principal ventaja que aporta el desarrollo de proyectos basados en robots para los estudiantes de ingeniería, es que

conocimientos adquiridos. En [11] se argumenta que el desarrollo de este tipo de proyectos favorece el asentamiento de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, al tiempo que es un factor motivador para el alumno, que se ve interesado en el desarrollo del proyecto. Del mismo modo se defiende que la construcción de robots permite que el alumnado sea capaz de mejorar el aprendizaje durante su periodo formativo y añade que se ha de buscar una nueva perspectiva al mundo de la robótica, haciendo que los robots no tengan únicamente aplicaciones industriales, sino que también se les dé un uso como herramienta para el aprendizaje [12]. Es con esta idea con la que se propone un robot completamente modulable y personalizable para cada asignatura, pero que engloba todo el conjunto, permitiéndoles a los alumnos encontrar esa relación y diferencia entre las mismas, así como relacionar la teoría abstracta en muchas ocasiones, con la práctica. De esta forma y como punto final del proyecto, falta establecer firmemente una coordinación entre las diferentes asignaturas que utilicen el robot como plataforma de desarrollo de prácticas, con el objeto de seleccionar el conjunto de contenidos que se busca que queden reflejados durante la utilización del dispositivo.

II. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL ROBOT

A la hora de desarrollar el proyecto, se han fijado una serie de requisitos básicos que garanticen el correcto funcionamiento del dispositivo dentro de un entorno como es el educativo. Algunas de estas características más destacables son:

A. *Carácter económico*

Dada la actual situación económica que ataca a todos los sectores del país, incluido el educativo, se ha tenido en consideración minimizar los costes que supone la construcción de cada uno de estos prototipos. De esta forma el coste asociado a la construcción seriada de cada robot tiene un coste asociado del orden de los 280 €. Incluyendo en este precio el robot, cinco módulos de desarrollo, el programador PIC-kit II, el software MPLab y un conjunto de cables para el conexionado de los módulos con el robot.

B. *Rigidez mecánica*

Se ha construido el robot sobre un chasis formado por perfiles de aluminio, cerrando los huecos existentes con placas de metacrilato transparente. En la Figura 1 se observa el aspecto del modelo 3D del chasis utilizado en las etapas de diseño.

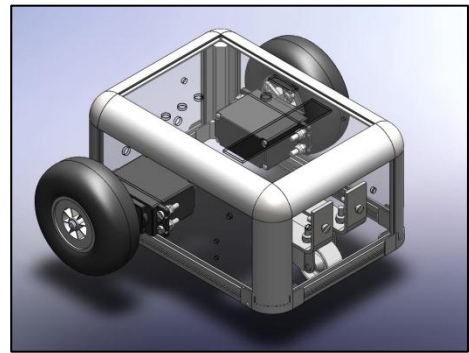


Figura 1. Modelo 3D del chasis del robot

De esta forma se asegura que no se ve comprometida la integridad física del robot, amenazada por la utilización constante de éste por parte de los alumnos durante el desarrollo de las prácticas.

C. *Conexión/desconexión sencilla y rápida de los módulos al robot.*

Para la unión de módulos al robot, se ha utilizado como estándar conectores del tipo RJ-11, utilizados en telefonía y comunicaciones debido a su fácil e intuitiva conexión.

Los módulos son atornillados al chasis quedando físicamente unidos a éste.

D. *Se garantiza una autonomía mínima de dos horas de funcionamiento nominal.*

La autonomía del robot cumple el citado requisito incluso con cuatro módulos en funcionamiento al mismo tiempo, con lo que se puede garantizar que funcionará correctamente durante al menos toda la sesión de prácticas programada.

E. *Conexión sencilla del robot con el dispositivo programador.*

Con el objetivo de simplificar la programación del dispositivo por parte del alumno, se ha dispuesto de un conjunto de seis pines que sobresalen del chasis y que permiten acoplar el grabador PIC-KIT II de forma sencilla tal como muestra la Figura 2.

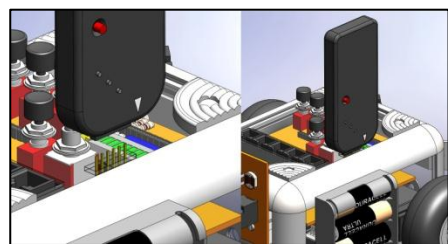


Figura 2. Conexión grabador al robot

Con esta medida se evita la necesidad de emplear complicados procedimientos para reprogramar el dispositivo.

III. ARQUITECTURA GENERAL DEL ROBOT

En este trabajo se ha desarrollado el bloque principal del robot (constituido por la electrónica de control, el sistema motriz y el conjunto de baterías de alimentación) y un conjunto de cinco módulos de expansión con distintas funciones que cubren parte de los contenidos de las asignaturas descritas en la tabla 1 para cada uno de los cursos en los que está dividida la titulación. Estos módulos conectan con el bloque principal siguiendo una arquitectura similar a la que muestra el esquema de la Figura 3.

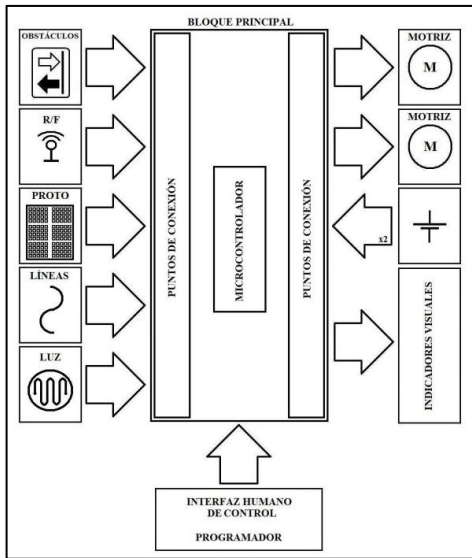


Figura 3. Arquitectura general del robot

En la imagen de la Figura 3 se observa que el bloque principal está compuesto por una serie de puertos de conexión E/S tanto para señales de datos, como para tensiones de alimentación. El robot dispone de un sencillo interfaz de comunicación con el usuario y el programador del dispositivo.

En el lado izquierdo de la Figura 3 se observa un logotipo identificativo de cada uno de los cinco módulos desarrollados, (de arriba abajo) detector de obstáculos, Radio Frecuencia, prototipado, seguidor de líneas y seguidor lumínico.

El objetivo perseguido durante el diseño de esta arquitectura ha sido el de diferenciar claramente el bloque principal del robot de los módulos de expansión, haciendo que el robot sea fácilmente ampliable en sus funciones sustituyendo o añadiendo módulos al conjunto con distintas funciones.

En lo que respecta a los aspectos estructurales sobre los que está construido el robot, se ha optado por implementar una base móvil con una configuración diferencial del sistema motriz, siendo dos servomotores conectados a unas ruedas los encargados de propulsar el conjunto, sirviendo como tercer punto de apoyo una rueda de giro libre oculta bajo el chasis. En la parte superior del prototipo se encuentran los elementos que conforman el interfaz de control, programación y el conjunto de clavijas que permiten la conexión de los módulos. (Figura 4).

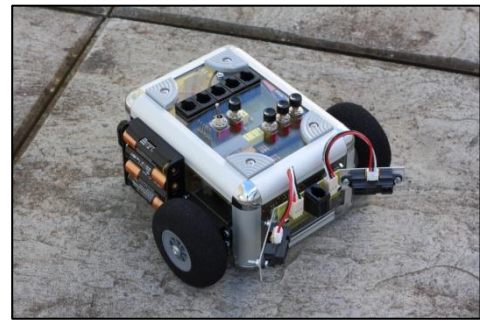


Figura 4. Aspecto final del robot

Los laterales del robot se han reservado para anclar los bloques de baterías y en la parte delantera y trasera albergan los puntos de anclaje de los módulos de expansión.

IV. MÓDULOS DESARROLLADOS

Se describirá brevemente cada uno de los cinco módulos desarrollados en este trabajo, así como los objetivos lectivos que persiguen.

A. Detector de obstáculos.

Este módulo está compuesto por un conjunto de dos sensores ópticos reflectivos “GP2D12” que mediante una señal de tensión analógica informan al controlador de la distancia a la que se encuentra un obstáculo. (Ver Figura 5).

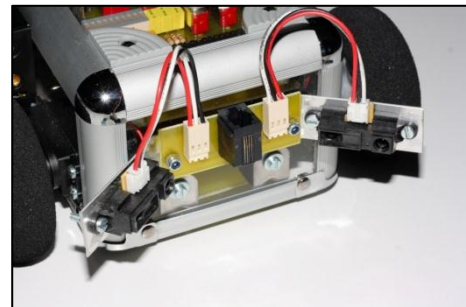


Figura 5. Módulo detector de obstáculos unido al robot

El objetivo que se persigue con este módulo, es introducir al alumno en los principios básicos de funcionamiento de los sensores ópticos reflectivos, al tiempo que se le instruye en la configuración y modo de operación de los convertidores A/D empotrados en un microcontrolador. Superado este nivel, se busca proponer al estudiante la programación del conjunto para que realice tareas diversas, como navegar esquivando obstáculos, escapar de laberintos, localizar objetos, etc. a modo de reto personal, viéndose recompensado su esfuerzo con el funcionamiento del robot.

B. Radio Frecuencia

Los módulos de Radio Frecuencia permiten una comunicación del robot con otro dispositivo mediante protocolo RS-232 sin hilos. (Ver Figura 6).

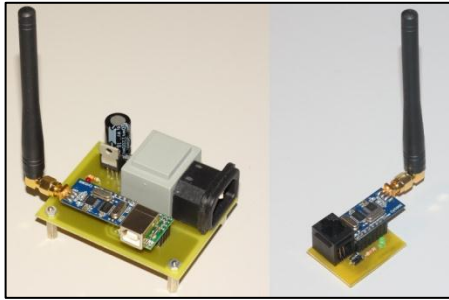


Figura 6. Pareja Emisor/Receptor RF.

En la imagen de la Figura 6 se aprecia el conjunto compuesto por el módulo de conexión con el PC (izquierda) y el módulo de conexión con el robot (derecha). Ambos módulos tienen la posibilidad de funcionar como emisor y receptor del tipo “Half Duplex”.

El módulo de conexión con el PC conecta con éste a través del puerto USB del ordenador y es alimentado directamente de la red eléctrica doméstica.

El carácter lectivo de este módulo busca como objetivo formar al estudiante en el funcionamiento de los protocolos de comunicación básicos como por ejemplo el RS-232 y ofrecerle un abanico de posibilidades en los que respecta a la programación del robot. Aprenderá a configurar el microcontrolador para llevar a cabo una comunicación con otro dispositivo enviando y recibiendo datos entre ambos, entre otros.

Además esta pareja de emisor receptor podría utilizarse para realizar conexiones entre dos robots, ya que no es necesario que uno de los dispositivos sea estrictamente un PC.

C. Prototipado

El módulo de prototipado de circuitos ofrece al alumno la posibilidad de desarrollar sus propios diseños e implementarlos sobre el robot, aplicando de este modo los conocimientos adquiridos en las asignaturas de electrónica, teoría de circuitos o similares. La importancia de este módulo reside en la infinidad de posibilidades que ofrece el dejar la creatividad del diseño en manos del alumno o el tutor de la asignatura. Buscando con el desarrollo de la creatividad, el desarrollo de la competencia de aprendizaje autónomo.

El módulo (que se muestra en la Figura 7) está compuesto por una placa de prototipado rápido (proto board) y una etapa previa de acondicionamiento de señal a modo de protección del robot que además permite configurar las E/S al robot como el alumno disponga mediante unos Jumpers.

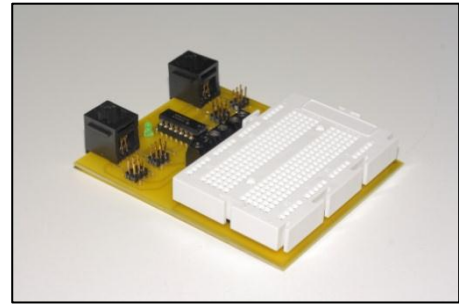


Figura 7. Módulo de prototipado

Queda conectado al robot a través de los conectores RJ-11 estándar al mismo tiempo que las señales y alimentación conectan con la proto board a través de una bornera que se encuentra junto a ella.

D. Seguidor de líneas.

Lo conforman un total de cuatro opto-acopladores reflectivos montados sobre una placa de circuito impreso conjunto con la circuitería de adaptación de señal necesaria para la conexión con el robot, todo ello orientado hacia la superficie de desplazamiento del robot, anclado a la base del mismo (ver Figura 8).

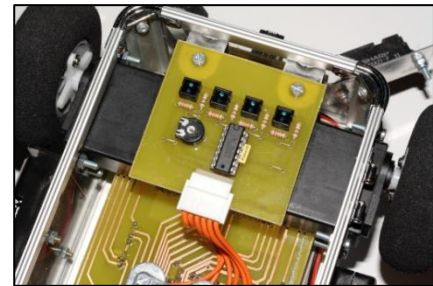


Figura 8. Módulo seguidor de líneas

Es capaz de distinguir cambios bruscos de contraste sobre la superficie de desplazamiento y pretende hacer que el alumno desarrolle sus conocimientos en programación para crear rutinas capaces de guiar de forma óptima al robot dentro de un circuito cualquiera, trazado mediante una línea de color oscuro sobre una superficie clara. Además, el alumno podrá experimentar el funcionamiento de los opto-acopladores reflectivos en una aplicación real.

E. Seguidor lumínico

Este módulo permite al robot fijar una trayectoria que le permita alcanzar un foco luminoso que se encuentre dentro de su alcance. El circuito de control se basa en una pareja de foto-resistores capaces de captar la señal lumínica y una lógica de control basada en puertas lógicas NAND (ver Figura 9) que ofrecen una respuesta lógica al módulo de control indicando a los motores los movimientos a llevar a cabo para alcanzar el foco.

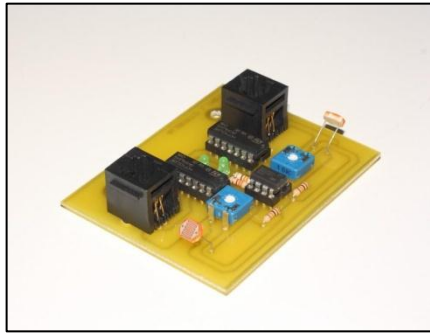


Figura 9. Módulo seguidor lumínico

La sensibilidad de la placa es ajustable mediante dos potenciómetros dispuestos sobre la propia placa.

El alumno no solo experimentará sobre una aplicación física el funcionamiento de los foto-resistores, sino que deberá analizar el circuito lógico aprendiendo su funcionamiento, reforzando así los conocimientos sobre electrónica digital adquiridos.

V. METODOLOGÍA

La metodología a seguir para la implantación del robot en las aulas, es responsabilidad de los docentes especializados, quienes disponen de los conocimientos y la experiencia para llevar a cabo con éxito esta labor.

La idea de aplicación que se persigue está basada en un sistema de prácticas a realizar por el estudiante en su domicilio o en las aulas, escaladas en dificultad y que buscan fomentar el auto aprendizaje.

En una primera instancia se le propondrán al alumno una serie de prácticas guiadas de reducida complejidad que busquen como objetivo familiarizarle con los nuevos conceptos introducidos en las asignaturas y a experimentarlos con el uso del robot. Superado este nivel, se le propondrá que de forma autónoma desarrolle un proyecto de mayor complejidad, valiéndose para ello del conjunto de módulos que se considere preciso y que será evaluado por el conjunto de profesores de las asignaturas que se estén coordinando en cada cuatrimestre. A medida que el alumno avance en la titulación, la dificultad de las prácticas irá incrementando gradualmente en su dificultad e irán utilizando los conceptos estudiados también en cursos precedentes, reforzando constantemente los conocimientos adquiridos.

En nuestro caso el trabajo hasta la fecha se ha centrado en el diseño y construcción de este robot como herramienta docente y así se ha presentado en este artículo. Queda pendiente un estudio de su funcionamiento en un entorno lectivo que ofrezca resultados que poder someter a análisis. Pero como hemos visto en [11] o [12], ya existen ejemplos de robots utilizados en aulas y que ayudan a fomentar el aprendizaje y aumentan la motivación de los alumnos.

VI. CONCLUSIONES

Ha sido en este segundo año de existencia de la titulación, cuando hemos podido percibir como ha afectado la precaria situación económica en que se encuentra inmerso el país al

desarrollo del nuevo plan de estudios. Es por ello que nos hemos planteado un sistema de prácticas para el mantenimiento de la calidad en la formación de los alumnos, que además fomenta el desarrollo de la competencia de aprendizaje autónomo y la creatividad, haciendo hincapié en la metodología de aprendizaje a través del juego [13]. A fin de evitar un empobrecimiento de la calidad formativa percibida por los estudiantes, el prototipo desarrollado busca reducir el coste asociado al desarrollo de las prácticas, aumentando el número de horas de aprendizaje autónomo al poder el alumno trabajar en su domicilio con el robot.

De esta forma, en el presente trabajo se han desarrollado los módulos descritos con el objeto de demostrar la versatilidad de un robot y la viabilidad de la idea inicial, que no es otra que la de construir un robot polivalente con fines lectivos y utilizable durante toda la titulación de forma económica y sencilla. Es posible implementar nuevos módulos, aumentando así las posibilidades que brinda esta herramienta educativa, además de incrementar en cada uno la dificultad en función de los conocimientos que se quieran adquirir.

Como valoración, señalar que la herramienta desarrollada y descrita en el presente artículo, busca como objetivo romper con las tradicionales prácticas de laboratorio que han seguido invariantes en el tiempo, en lo que se refiere al soporte sobre las que se desarrollan. Al introducir un robot de estas características en los planes de estudio actuales, aprovechando el cambio que la adaptación al sistema europeo de educación superior y la reforma actual como una oportunidad de crear algo nuevo y cambiante, motivante y económico. Queda por lo tanto pendiente comprobar los efectos que esta herramienta tiene sobre el alumnado, al ponerla en práctica en un entorno lectivo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al “Grupo Grapa” (Grup d’Avaluació de la Pràctica Acadèmica) su apoyo en el desarrollo de este proyecto, así como al departamento de Proyectos de ingeniería de la Universitat Politècnica de Catalunya.

REFERENCIAS

- [1] Jonassen, D. H.; Davidson, M.; Collins, M.; Campbell, J. & Haag, B. B. (1995). Constructivism and computer-mediated communication in distance education. *The American Journal of Distance Education*, 9; 7–23. Publicado.
- [2] Juniu, S. Use of Technology for Constructivist Learning in a Performance Assessment Class. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*. Volume 10, Issue 1, 2006, Pages 67 – 79. Publicado.
- [3] Gijbels, D; Loyens, SMM Constructivist learning (environments) and how to avoid another tower of Babel: reply to Renkl *INSTRUCTIONAL SCIENCE* Volume: 37 Issue: 5 Pages: 499-502 Published: 2009. Publicado.
- [4] Meichun Lydia Wen, Chin-Chung Tsai, Hung-Ming Lin, Shih-Chyueh Chuang. Cognitive–metacognitive and content-technical aspects of constructivist Internet-based learning environments: a LISREL analysis. *Computers & Education* 43 (2004) 237–248. Publicado.
- [5] Liang, LL; Gabel, DL. Effectiveness of a constructivist approach to science instruction for prospective elementary teachers. *International Journal of Science Education* Volume: 27 Issue: 10 Pages: 1143-1162 Published: AUG 19 2005. Publicado.

- [6] Ben-Ari, M. (2001). Constructivism in computer science education. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 20(1), 45–73. Publicado.
- [7] Li-Ling Hsu. Developing concept maps from problem-based learning scenario discussions. *Journal of Advanced Nursing*. Volume 48, Issue 5, pages 510–518, December 2004. Publicado.
- [8] Brooks, J.G., & Brooks, M.G. (2001). *The case for constructivist classrooms*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development. Publicado.
- [9] Jonassen, D. H. Peck, K. L. & Wilson B. G. (1999). *Learning with technology: a constructivist perspective*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. Publicado.
- [10] Taber Keith S. *Building The Structural Concepts Of Chemistry: Some Considerations From Educational Research Chemistry Education: Research And Practice In Europe 2001*, Vol. 2, No. 2, Pp. 123-158. Publicado.
- [11] Richard Mitchell, Kevin Warwick, Will N. Browe, Mark N. Gasson & Jim Wyatt. *Engaging Robots: Innovative Outreach for Attracting Cybernetics Students*. *IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION*, VOL. 53 N° 1, FEBRUARY 2010. Publicado.
- [12] Josep M. Mirats Tur, Carlos F. Pfeiffer. *Mobile Robot Design in Education*. *IEEE ROBOTICS & AUTOMATION MAGAZINE*, MARCH 2006. Publicado.
- [13] Paula Chacón. *El juego como estrategia de enseñanza y aprendizaje ¿Cómo crearlo en el aula? Nueva Aula Abierta n° 16 julio-diciembre 2008*. Publicado.