

Artículo Original

Revisión del estado del arte de las plataformas robóticas orientadas a la educación

Carlos Romero¹, John Nieto², Carlos Ochoa³

Artículo recibido: 5 de agosto de 2014 / Artículo aceptado: 12 de mayo de 2104

■ RESUMEN

La investigación en las áreas de la educación en términos de enseñanza con herramientas físicas móviles en inteligencia artificial es un estudio que nos ha llevado a la necesidad de la construcción de una plataforma robótica educativa. Este artículo presenta el estado del arte de las diferentes plataformas móviles empleadas para la investigación en robótica educativa, sus características principales, su estructura, especificaciones de software y de hardware y precios si han de estar disponibles para la venta.

Palabras clave: educación, plataforma móvil, robótica.

1 Ingeniero de Sistemas de la Universidad Simón Bolívar, Barranquilla. Correspondencia: romerocarlos87@gmail.com
2 Ingeniero de Sistemas de la Universidad Simón Bolívar, Barranquilla: romerocarlos87@gmail.com
3 Ingeniero de Sistemas de la Universidad Simón Bolívar, Barranquilla. Correspondencia: cochoa1@unisimonbolivar.edu.co

Revision of the state of the art robotic platforms oriented education

ABSTRACT

Research in the areas of education in terms of teaching physical tools mobile artificial intelligence is a study which has led to the need for building an educational robotics platform. This paper presents the state of the different mobile platforms based on research based on key features, specifications, options and prices if they are available for sale.

Key words: education, mobile platform, robotics.

Revisão do estado da arte das plataformas robóticas orientadas à educação

RESUMO

A investigação nas áreas da educação em termos de ensino com ferramentas físicas móveis em inteligência artificial é um estudo que nos há levado à necessidade da construção de uma plataforma robótica educativa. Este artigo apresenta o estado da arte das diferentes plataformas móveis empregadas para na investigação em robótica educativa, suas características principais, sua estrutura, especificações de

software e de hardware e preços se não de estar disponíveis para a venda.

Palavras chave: educação, plataforma móvel, robótica.

INTRODUCCIÓN

La incorporación de los robots y la ciencia de la computación en las aulas de clases pueden aumentar la emoción y el compromiso de los estudiantes. Robots adecuadamente diseñados y materiales curriculares pueden servir como una herramienta para la enseñanza de una serie de importantes temas tales como la programación de computadoras, redes, procesamiento de imágenes e inteligencia artificial [23]. Este documento proporciona una línea de investigación base para la construcción de una plataforma robótica para la difusión de prácticas en inteligencia artificial. Durante el artículo se presentará una visión general de las diferentes plataformas que van desde la evolución de los robots hasta las construidas con fines educativos e investigativos con una amplia gama de características físicas, estructurales, electrónicas y de navegación.

Este artículo se divide en cuatro partes: en la sección 1 hablaremos de los antecedentes, la evolución de los robots en países europeos pioneros de robótica y de la situación de robótica educativa en Colombia y América Latina. En la sección 2 se presentan de forma general los componentes y configuraciones más empleadas en las plataformas robóticas educativas y en investigación. En la sección 3 se realiza una revisión del estado del arte en lo referente a robótica educativa. Finalmente se presentan las conclusiones del documento.

■ ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL

Durante las últimas décadas investigadores e industrias han desarrollado cierto número de *kits* para la construcción de robots con el deseo de estimular el aprendizaje de conceptos y métodos relativos a áreas como matemáticas, física, informática y mecánica [1]. Productos como LEGO Dacta, LEGO CyberMaster se encuentran en el mercado y se usan con frecuencia en universidades e instituciones educativas. Jean Piaget indica en su enfoque que el centro de todo aprendizaje es el proceso activo de “quien aprende, amplía su conocimiento a través de la manipulación y construcción de objetos” [2]. De otra manera, ¿qué experimentos básicos ayudan a los estudiantes a asimilar conceptos que de otro modo serían abstractos y confusos?

Estados Unidos, China, Korea, India, entre otros, fueron los pioneros en implementar e impartir talleres y cursos extracurriculares en programas de robótica como actividades lúdicas debido a sus excelentes resultados [3] [6]. La robótica y su evolución han jugado un papel importante en el desarrollo de la humanidad, y gracias a la aparición de la computadora y de los circuitos integrados se lograron los primeros intentos de crear un verdadero robot. En la Tabla 1 se muestra una panorámica de esa evolución.

En Chile, la panorámica se ve impulsada por organizaciones que se encargan de apoyar a las instituciones educativas en la construcción de equipos robóticos de enseñanza.

En México, nace el Sual Labs, en el cual integran materiales de electrónica y robótica 100 % nacional, involucrando así currículos, contenidos programáticos y manuales de

Tabla 1. Una panorámica y evolución de los robots móviles y características principales programación gráfica de código abierto compatible con Arduino y Windows [14].

Año	Nombre	Principal característica
1966-1972	Shakey	visión
1977	Hollis	Trayectoria
1979	Hilare	Trayectoria
1977	Lunar Rover	Exploración planetaria
1979	Stamford Car	Trayectoria en superficie
1983	Raibert	Estudio de su movilidad en una sola pata
1990	Uniciclo	Una sola rueda
1994	Dante II	Sistema de seis patas
1996	Gyrover	Ausente de ruedas y patas, basado en giroscopio
1996	Spring Flamingo	Emulaba el movimiento de un flamigo
1997	Sojourner Rover	Robot teleoperado, dedicado a enviar fotografías de Marte
1997	Honda P3	Imitación de los movimientos del cuerpo humano
1998	Wabian R-III	Robot humanoide
1999	Bow Leg Hopper	Diseño que permitía almacenar la energía potencial de la pata
2006	Ballbot	Sistema holonomo, su movimiento es proporcionado por una sola esfera

Fuente: Información encontrada en el artículo de la referencia [9].

alumno para incentivar el conocimiento tecnológico, ayudando a elevar la calidad de la educación mexicana.

La situación actual en América Latina como en Argentina crece debido a la expansión de empresas como Robot Group de ese mismo país [5], que desde hace una década impartieron en la capacitación en robótica en colegios y universidades debido a la insuficiencia de estos recursos. Ya que todo

el material era importado, se dieron a la tarea de diseñar y fabricar sus propios robots y mediante un convenio con el Ministerio de Educación 1000 de estos son llevados a las instituciones educativas argentinas con el fin de promover esta área del conocimiento en los aprendices y docentes [4]. También hay construido un centro constructivo de alta tecnología llamado Múltiplo N6, el cual posee una placa Arduino debido a su fácil programación. Otro desarrollo es un entorno de programación gráfica de código abierto compatible con Arduino y Windows [14].

En Chile, la panorámica se ve impulsada por organizaciones que se encargan de apoyar a las instituciones educativas en la construcción de equipos robóticos de enseñanza.

En México, nace el Sual Labs, en el cual integran materiales de electrónica y robótica 100 % nacional, involucrando así currículos, contenidos programáticos y manuales de alumno para incentivar el conocimiento tecnológico, ayudando a elevar la calidad de la educación mexicana.

En Europa, por su parte España, por decretos del gobierno, establece que desde la secundaria se impartan las enseñanzas mínimas en robótica y control automático como lo son tecnologías de información, control y robótica, experimentación con sistemas automáticos, sensores, actuadores y aplicación de la retroalimentación en dispositivos de control, diseño y construcción de robots, uso del ordenador como elemento de control y programación, uso de simuladores para el diseño y construcción de estos sistemas expertos.

En Colombia, la aplicación de la robótica educativa se ha venido fomentando por medio de la participación de concursos y olimpiadas de robótica como el Vex Robotics Competition y otros como el de algunas universidades [3]. Es el caso de la Universidad Nacional, que cuenta con el UN-2000, usado para la enseñanza de algoritmos en redes neuronales [10]; Telemaco y Walker I en la Universidad del Norte [11]; El Gonzo de la Universidad del Valle [12] y el Pmetin de la Universidad Tecnológica de Pereira [13], las cuales adelantan varios proyectos en robótica educativa, así como actualmente en menor escala se adelantan proyectos metodológicos como el de la elaboración de un modelo para la integración de un currículo de robótica educativa escolar.

Las empresas nacionales especializadas en la construcción de equipos de robótica son muy pocas, así como las pocas iniciativas del gobierno para impulsar este tipo de medio de aprendizaje en las aulas, dejando de aprovechar este altísimo potencial que este tipo de tecnología ha demostrado tener en la educación.

▣ PLATAFORMAS ROBÓTICAS MÓVILES

Existen gran variedad de plataformas robóticas que usan diferentes mecanismos de movilidad. Entre las principales están las que usan ruedas, patas y orugas, este último es uno de los mecanismos más estudiados [7,9]. Pero el mayor desarrollo y construcción se centra en los de ruedas, ya que se destacan por su eficiencia en cuanto a energía en superficies lisas y firmes y además no causan desgaste del medio de donde se desplazan,

lo que hace que a la hora de su construcción requieran menos complejidad, siendo mucho más sencillo el diseño y más si el objetivo es de nivel educativo, en donde el costo de construcción es un factor importante en comparación a las estructuras de patas y orugas [9]. La investigación en la cual nos enfocamos fue en las plataformas robóticas comerciales, específicamente en las que utilizan como mecanismo de desplazamiento tres o más ruedas por la estabilidad que presentan, las que utilizan orugas y ruedas por lo versátiles que son en cuanto a desplazamiento en terrenos irregulares, y por último las que utilizan más de un mecanismo de guía para el desplazamiento.

Podemos definir una plataforma robótica móvil como un sistema electromecánico compuesto por una parte mecánica móvil y una electrónica, cuyos componentes se comportan como actuadores controlados gracias a la programación de alto nivel, logrando tener un sistema inteligente, el cual, gracias a sus diferentes tipos de ruedas, nos permite el desplazamiento autónomo a un punto definido o una meta establecida.

Al hablar de autonomía nos referimos a la capacidad que tiene el sistema para determinar su curso mediante un proceso propio de razonamiento a nivel sensorial y no depender de un sistema de instrucciones de movimiento [9]. El éxito de las tareas autónomas del sistema robótico depende de su construcción mecánica, la cual determina la precisión de su desplazamiento, mientras que la inteligencia depende de su programación.

La influencia de los robots va en crecimiento. En el mercado podemos encontrar variedad

de productos, existiendo varios movimientos educativos y empresariales alrededor de esta tecnología [8].

Estructura de una plataforma robótica móvil

La función de un robot móvil es similar al comportamiento de personas y animales, por lo tanto su estructura es parecida a la de un ser vivo [8].

Se observa en la siguiente imagen a nivel general ambas estructuras.

Tabla 2. La estructura mostrada en la figura se compone de varias subestructuras, cada una para diferentes tipos de robots.

Robot Móvil	Ser Vivo
Estructura Mecánica	Esqueleto
Sensores y Actuadores	Sentidos y Músculos
Sistema Inteligente	Cerebro

Relacionado con la configuración básica de las plataformas, encontramos que una de las más ventajosas en cuanto a costo, tiempo de desarrollo y complejidad de control es la de tracción diferencial, ya que solo basta un par de actuadores para lograr todo el movimiento con la ayuda de una ruedas adicionales sin actuador, que posee estabilidad en una superficie plana, ideal para plataformas educativas [8].

1) Estructura Mecánica con Ruedas

Las ruedas son el elemento encargado de proporcionar la movilidad de la plataforma. Se

clasifican en tres tipos: las que son de rueda fija, en las cuales el desplazamiento de la plataforma va en dirección de la rueda; las de orientación centrada, en donde la dirección depende de la orientación de la rueda [9]; por último, las de rueda seca, en donde la dirección depende de las velocidades de las ruedas, es decir, si tenemos una plataforma de dos ruedas con dos motores independientes a diferentes velocidades, obtenemos una dirección en x-y para su desplazamiento.

2) Sensores

Un sensor es un dispositivo que a partir de la energía del medio donde mide, da una señal de salida transducible; en robótica el dispositivo sensor se usa para captar energía, mientras que el transductor, para convertirla y acondicionarla [15], para que el sistema inteligente pueda procesarla. Se encuentran en gran variedad de acuerdo al tipo de aplicación. Entre los tipos de sensores usados en robótica educativa están los de medir distancia a base de ultrasonido compuestos por un emisor de sonido de alta frecuencia recibiendo un reflejo por un receptor ubicado en la fuente de sonido por una parte emisora, la cual emite una fuente de sonido a alta frecuencia para posteriormente recibir un reflejo o un eco donde se evalúa la atenuación o tiempo de vuelo del ultrasonido por parte del sistema inteligente y así lograr el mapeo un entorno [16][17][18].

Sensores infrarrojos: Tienen similitud a los ultrasónicos y están compuestos por un LED de luz infrarroja como emisor y un fototransistor o transistor sin base como receptor [3]. El cual es llevado a saturación por medio de luz en su base, esto los hace útiles en la robótica móvil a la hora de trabajar con obstáculos, ya que son muy precisos debido a

su alta direccionabilidad de luz reflejada en el receptor. Los hay para muchas aplicaciones, como son para medir distancias, paso de objetos en bandas industriales y detección de proximidad de objetos y o personas, sensores como el QRD1114 [19]; ideales para montaje en plataformas robóticas móviles para evasión de obstáculos y seguimiento de trayectoria. Es así como la tecnología infrarroja y de ultrasonido pueden ser usadas de manera complementaria y la información de ambos sensores puede combinarse para la construcción de un mapeo o representación más exacta de un área de navegación de una plataforma robótica móvil [20].

3) Actuadores

Son utilizados para el control de movimiento, los más comunes y comerciales son los motores de corriente directa con caja de reducción o de engranajes. Debido que a estos son controlados de forma lineal facilita su implementación en la plataforma. Estos motores los hay en dos tipos: con escobillas y sin escobillas, ambos tipos presentan ventajas semejantes, sin embargo, a la hora del mantenimiento los sin escobillas resultan mucho más prácticos debido a que:

- No presentan chispas o arcos debido a la fricción ejercida del material cobre carbón con los contactos de la armadura.
- La interferencia que ocasiona la conmutación electrónica proveniente del sistema de control se minimiza. Los motores dc sin escobillas alcanzan velocidades de hasta 50.000 revoluciones por minuto frente a 500 de uno con escobillas.
- El control de dirección se ve favorecido, ya que es un motor con escobillas.

Semejante a esto existen desventajas a favor de los motores sin escobillas, pues el control de giro va acompañado de gran complejidad, lo que le agrega atributos de costo y manejo ya que requiere un sistema adicional de control.

3) Control

En la actualidad, el tema relacionado se ha visto interesado por una gran cantidad de investigadores que abarcan el tema de sistemas de control noholonomos [9], que tienen un número menor de grados de libertad controlables respecto a los grados de libertad totales. Para nuestra investigación basada en estructura con tracción diferencial, el número de grados de libertad es 3 X,Y y su orientación angular.

El control de movimiento lo podemos clasificar en cuatro tareas fundamentales:

- Localización.
- Planificación de trayectoria.
- Seguimiento de trayectoria.
- Evasión de obstáculos.

Plataformas robóticas móviles en la educación e investigación

A. Plataforma REAS

Esta fue implementada por el grupo de investigación DEDALO y ARMOS de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la Universidad Nacional de Colombia y se desarrolló bajo el perfil del ambiente de trabajo. Debido a que es una plataforma para laboratorio, la superficie de movilidad es plana sin descartar la presencia de rampas de hasta 45 grados. Los perfiles de diseño están basados en la respuesta de velocidad frente a

un obstáculo por parte del software utilizado. Los perfiles sensoriales son escalables ya que hay posibilidad de que se integren más a futuro. Pero en esta solo se utilizan sensores de distancia y de posición para detectar un obstáculo a 1m de distancia. Los motores utilizados son de corriente directa con caja de reducción. Se utilizaron dos para dos ruedas y una rueda omnidireccional para tener más apoyo en la estructura, su diseño es de tipo triciclo diferencial como sistema principal de desplazamiento. Entre los elementos más relevantes se tienen [21]:

- Motor de 60 g cada uno.
- Tarjeta de centro.
- Sensores de ruedas adicionales.
- Rueda omnidireccional.
- Ruedas laterales tipo coche.
- Estructura.
- Batería.
- Cables de interconexión

Una de las características de la estructura diferencial es su rueda omnidireccional, la cual garantiza que no haya bloqueo de movimiento para cualquier dirección colaborando como apoyo. La utilizada en esta construcción fue la Kornylak Corporación de doble hilera referencial 4202B [22].



Figura 1. Transwheel 4202B
Part No. FXA159

Unidad de control

Tiene una tarjeta FPGA Spartan 3 de Xilinx de referencia XC4000, la cual posee 4000 compuertas a un costo razonable. En la Figura 2 se muestra el detalle del montaje de la unidad en la estructura.

En la Figura 3 se observa la construcción final de la plataforma robótica móvil de la cual se puede observar sus dos motores principales, la rueda omnidireccional y la tarjeta FPGA en su estructura de triciclo diferencial, basado en las teorías de construcción de robots móviles.

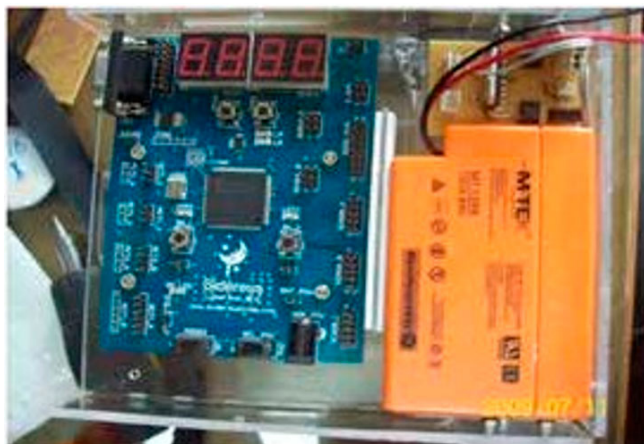


Figura 2. Detalle del montaje de la unidad de control.

Fuente: tomado del artículo citado en la referencia [21]

Plataforma GIRAA_02

El robot móvil orientado a la enseñanza y educación GIRAA_02 construido en 2010 por el grupo de investigadores en robótica y mecatrónica de la Universidad del Norte en Colombia. Su construcción está basada en estructura diferencial compuesta de dos ruedas con dos actuadores tipo motor dc de caja de reducción para disminuir la velocidad y aumentar el torque y una rueda omnidireccional para estabilidad sin provocar bloqueo de dirección.

Su sistema sensórico está compuesto por sensores de ultrasonido, infrarrojos, encoders o codificadores de posición.

Cuenta con un sistema de comunicación por radiofrecuencia para comunicarlo con el pc. En la unidad de control tiene una tarjeta con un procesador Motorola MCU de 16 bits de referencia MC9S12 que se encarga de toda la lógica y programación. La ventaja de este controlador es que posee instrucciones para



Figura 3. Construcción final [21]

el control de lógica difusa, lo que facilita la implementación de algoritmos de inteligencia computacional, que es uno de los objetivos de las plataformas robóticas móviles. También es un sistema escalable, lo que permite la integración futura de más sensores, actuadores o sistemas de comunicación [13].

La plataforma GIRAA_02 es un sistema autónomo escalable que se caracteriza por sencilla programación, manipulación y

cantidad de sensores para garantizar su desempeño en el ambiente de operación y de investigación. En la siguiente imagen se muestran sus características principales.

Características físicas	
Altura	20 cm
Diámetro	30 cm
Fuente de alimentación	
Batería	12 V - 7 Ah
Tiempo de autonomía	10 horas (Aprox.)
Tiempo de recarga	12 horas (Aprox.)
Fuente externa Vdc	15 V
Movilidad	
Motores	Con reducción mecánica, 6 VDC
Ruedas	Diámetro: 4.5 cm
Rodamiento esférico	Omnidireccional
Procesador	
CPU	Motorola MC9S12 16 bits
Memoria	Ram: 12KB; Flash: 256 KB EEPROM: 4Kb
Entradas análogas	16 canales (8 bits)
Módulos	8 canales de IC/OC 8 canales de PWM 2 SCI, 3 SPI
Puertos	89 I/O digitales,
Sensores	
Infrarrojos	8, Detector de proximidad Rango 4 - 30 cm
Ultrasonido	8, medidores de distancia Rango 0.03 - 3mts
Illuminación	Fototransistores CTS
Encoders	Par reflexivo
Comunicación inalámbrica	
Transmisor	Alcance 100 metros, Frec. 315Mhz/434Mhz 4800 baudios máximo
Receptor	Frec. 315Mhz/434Mhz 4800 baudios máximo

Entre sus opciones de expansión para permitir la versatilidad de la plataforma se encuentran la adaptación de un brazo mecánico, un sistema de navegación por medio de una cámara o retina electrónica, un acople de compás magnético para su trayectoria hacia el norte y un sistema de comunicación de larga distancia, lo que permitirá que su campo de estudio sea más explotado ya que al aumentar su estructura y hardware se elaborarán más librerías de algoritmos para su manipulación.

Entre las características de software, la plataforma cuenta con librerías de alto nivel que no dependen del hardware con algoritmos inteligentes para el control de motores, sensores ultrasónicos, sensores infrarrojos, y un módulo BPN de redes neuronales; estas permiten un nivel alto de abstracción en cuanto a las librerías de bajo nivel, las cuales dependen del hardware.

La plataforma muestra resultados satisfactorios en cuanto a pruebas de los algoritmos de navegación autónoma, teleoperado y comandado por radiofrecuencia.

Plataformas bajo costo Cotbots

Son plataformas flexibles de bajo costo hechas con materiales estándar, y totalmente compatibles con las anteriores arquitecturas. Estas plataformas son comerciales. Estos robots ofrecen una plataforma ideal para investigar algoritmos, cooperación Equipada con procesamiento a bordo, radiocomunicación y plataforma base para la movilidad.

Entre sus características de hardware encontramos el tipo de control, el cual cuenta con una *board* de fuerza con dos puentes H para el control de velocidad y dirección, por ende, sus motores tipo servo con caja reductora. Este interfaz además nos ofrece relés de conmutación y gran variedad de esquemas de conexión para usarlo en accionamientos dc que requiera la plataforma. Se puede observar un esquema en la Figura 6.



Figura 6. Componentes mecánicos y electrónicos [23]

La imagen muestra la unidad central, la cual es el microcontrolador de la serie ATMEGA 8L, disponible en 28 pines, que contiene 8 Kb de memoria flash y 512 bytes de memoria interna. Su consumo es de 3,2 miliamperios, incorpora ocho canales ADC conversores analógico digital para procesar señales tipo analógica provenientes de sensores o cualquier tipo de sensor o transmisor con esta característica. Tres líneas PWM, buses de datos incluidos (I2C), UART (transmisión recepción asíncrona universal). También provee SPI interface serial y con 23 pines programables como entradas o salidas, lo que provee una gran flexibilidad a la hora de escoger los recursos de hardware tanto de accionamientos como de sensores. Actuadores Posee cuatro circuitos integrados, los cuales nos entregan el famoso puente H para el control de velocidad y movimiento, dos transistores de alto switching tipo P y dos tipo N. Su referencia es NDS8858H del fabricante FAIRCHILD [19]. Todo esto con una fuente de alimentación de 3,3 voltios para la circuitería digital, y otra para la parte motriz.

Estructura hardware y actuadores

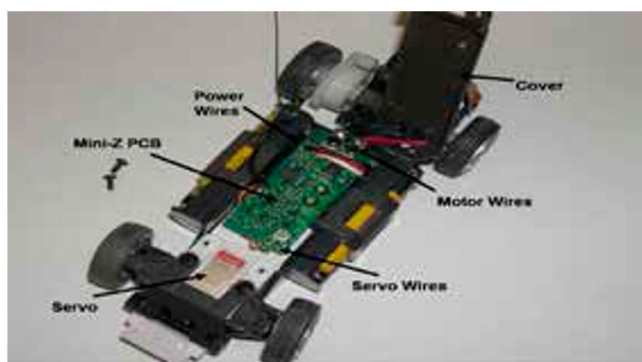


Figura 7. Estructura completa, hardware y estructura mecánica

Esta plataforma utiliza el sistema de servo de ángulo de dirección mientras un servo trasero impulsa la plataforma en dirección a la estimada por el servo de dirección, debido a que se está controlando dirección por un servo, este se encuentra equipado con un potenciómetro homologando un encoder, el cual envía señales a la interfaz para retroalimentar la posición de la plataforma por medio de los pines ADC que son los encargados de procesar estas lecturas. Para la navegación incorpora acelerómetro ADXL202 (2-eje, + / - 2 g) para la detención de obstáculos de bajo costo. Esta funciona para dos ejes X-Y, la cual permite enviar señales de posición en el plano X-Y [24].

Plataforma MMP-40

Una de las características más destacadas de esta plataforma es que puede subir escaleras en su versión de orugas y su capacidad de carga.



Figura 8. Versión oruga



Figura 9. Versión ruedas

■ CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Entre su principal característica está la capacidad para subir escaleras, con un peso de 40 libras y 24 voltios de alimentación principal a 7,2 amperios suministrados por una batería NiCad, lo que hace que por dos horas esté en funcionamiento continuo, gracias a sus motores de 100 watios con cajas reductoras personalizadas de doble reducción, aumentando su durabilidad y resistencia a la tracción. Su sistema de acople flexible para garantizar la absorción de impactos hace que sea robusto y un equipo todoterreno.

Su sistema de control se basa en pwm debido al tipo de motor de corriente continua, incorpora protección térmica y de sobrecorriente lo que garantiza la seguridad de los motores, esto a su vez comandado por un control remoto, el cual se encarga de generar las señales pwm.

Según la Figura 8 podemos deducir que su sistema de cruce se basa en el modo de control de movimiento al cual son sometidas sus ruedas, ya que no se cuenta con rueda de dirección como en otras plataformas.

Debido a que esta plataforma es controlada por pwm a control remoto, este sería básicamente su sistema de navegación debido a que no cuenta con ningún tipo de sistema antichoque, no usa sensores de obstáculos, ni cámaras de navegación para dirigir su trayectoria.

En la Tabla 3 se detalla cada una de las estructuras disponibles para la venta, mostrando las características en cuanto a memoria y velocidad de procesamiento.

La robótica móvil es una herramienta que ha venido en constante evolución a nivel mundial y eso ha ayudado que a nivel nacional se estén implementando desde las aulas en los niveles tempranos programas educativos,

investigaciones, propuestas y proyectos para el fomento de este área del conocimiento.

En esta línea de investigación podemos decir que la robótica en la educación ha presentado un estándar de construcción en cuanto a diseños, en el cual las plataformas construidas con ruedas son unas de las más usadas por su bajo costo y fácil implementación.

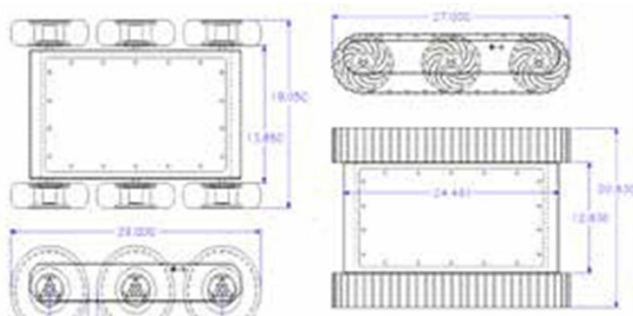


Figura 10. Presentación de la plataforma [ruedas y oruga]

Tabla 3. Estructuras disponibles para la venta

Robot	Processor	Memory	Cost
Aldebran Nao (humanoid robot)	X86 Geode 500MHz	256MB + 2GB Flash	\$17,500
Cororware Corobot (PC on wheels)	1.5 Ghz	1G + 80G HD	\$2900
Cororware Explorer (PC on wheels)	2 Ghz	1G + 80G HD	\$7500
e-puck	dsPIC 30F6014A 60MHz	8K + 144K Flash	\$1000
Hemisson	PIC16F877 20MHz	8K Flash	\$500
K-Junior	PIC16F887 8MHz	64M + 32M Flash	\$600
Khepera II	Motorola 16MHz	4K + 66K Flash	\$2300
Khepera KoreBot II	intel PXA-270 600MHz	128M + 32M Flash	\$4400
Koala	Motorola 68331 22 MHz	1Mram + 1Mrom	\$8100
Mindstorms	48MHz Atmel ARM	64K + 256K Flash	\$400
iPhone 4	A4 1Ghz	512M + 16G Flash	\$500
EV HTC Evo 4G (Android)	SnapDragon 1Ghz	512M + 32G Flash	\$700
Acer Aspire Netbook	1.7Ghz	1GB + 250GB HD	\$500

Fuente: Artículo citado en la referencia [23].

CONCLUSIONES

Las tareas de evasión de obstáculos, seguimiento de trayectoria y de reconocimiento del entorno son las más fundamentales y estudiadas en la mayoría de las plataformas diseñadas.

Gracias a un estudio previo y los resultados obtenidos en esta investigación, nos ayudarán en la construcción e implementación de una plataforma robótica educativa de bajo coste, y gracias a un lenguaje de programación de alto nivel, se podrán realizar las tareas básicas mencionadas en esta investigación, para así enriquecer, promover y mejorar en esta importante área del conocimiento que cada día despierta la atención de muchos estudiantes, docentes y aficionados a la robótica.

REFERENCIAS

- [1] G. F. Martin, "Circuits to Control: Learning Engineering by Designing LEGO Robots", Ph. D Thesis, MIT, Boston, 2000.
- [2] J. Piaget, B. Inhelder, La psychologie de L enfant. París: P.U.F., 1966.
- [3] N. D. Hurtado, L. C. Garcia and A. E. Jimenez, "Educational Robotics Platform ROBI", *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, vol. 1, no.19, 2010.
- [4] ROBOTGROUP - Robótica para la acción de fabricación de robots educativos programables con Arduino. Cursos de Robótica, Acceso 15 Oct. 2012.

- [5] J. D. Silva, "Artuito te enseña a leer y a escribir", *Crítica de la Argentina*. [on-line]. Disponible en: <http://criticadigital.com/imprensa/index.php?secc=nota&-nid=814>
- [6] Y. Hashimoto, H. Murase, T. Morimoto and T. Torii, "Intelligent systems for agriculture in Japan", *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 21, pp. 71-85, Oct. 2001.
- [7] C. M Gifford, "Review of Selected Mobile Robot and Robotic Manipulator Technologies", *CRESIS*, University of Kansas, KA, Tech. Rep. TR-101, Oct. 2006.
- [8] N. C. Calle, G. S. Quinde, and E. C. Ortiz, "Diseño y construcción de un robot móvil didáctico para estudios experimentales de robótica cooperativa", *Repositorio Digital UPS*, Ago. 2007. Disponible: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/175> Acceso Sep. 2012.
- [9] S. R. Ortigoza, J. G. Sanchez, V. B. Sotelo, and M. M. Vilchis, "State of the art of the movable wheels robots", *Revista Electrónica de Estudios Técnicos, TELEMATIQUE*, vol. 6, No. 3, 2004.
- [10] G. Ramírez, "Método de aprendizaje simple para la navegación de minirobots móviles rodantes", *Dyna*, vol. 70, No. 138, pp. 47-54, 2003.
- [11] M. C. Consuegra y R. López, "Dispositivos autómatas para navegación, detección y recolección de pelotas de tennis en ambientes conocidos", *Ingeniería y Desarrollo*, No. 9, pp. 98-112, 2001.
- [12] E. B. Bacca y E.A. Paz, "Diseño e implementación de un robot móvil modular", *Energía y Computación*, vol. 9, No. 2, pp. 34-39, 2000.
- [13] N. D. Muñoz, C. A. Andrade and N. L. Ospina, "Diseño y construcción de un robot móvil orientado a la enseñanza e investigación", *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, REDALYC*, No. 19, pp. 114-127, 2006.
- [14] J. Díaz, C. Banchoff, S. Martin and F. López, "Aprendiendo a programar con juegos y robots", *SEDICI Conf*, 2012.
- [15] AN1375 P. Yedamale and J. Bartiling "See What You Can Do with the CMTU" From Microchip Technology Inc. Product Documents, 2011. [Online]. Disponible en: http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/CTMU_01375a.pdf
- [16] J. Borenstein y J. Koren, "Real-Time Obstacle Avoidance for Fast Mobile Robots", *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 19, No. 5, pp. 1179-1187, 1989.
- [17] K. Sungbok y H. B. Kim, "High resolution mobile robot obstacle detection using low directivity ultrasonic sensor ring", in *6th International Conference on Intelligent Computing Conf*, 2010, pp. 426-433.
- [18] A. Carullo y M. Parvis. Senior Member IEEE, "An Ultrasonic Sensor for Distance Measurement in Automotive Applications", *IEEE Sensor Journal*, vol. 1, No. 2, August 2001.
- [19] FAIRCHILD, "QRD1114 Reflective Object Sensor", DataSheet. [Online]. Disponible en: <http://pdf1.alldatasheet.es/datasheetpdf/view/54345/FAIRCHILD/QRD1114.html>
- [20] A. M. Flynn, "Combining Sonar and

Infrared Sensor for Mobile Robot Navigation”, *The International Journal of Robotics Research ACM*, vol. 7, Dec. 1988.

[21] F.H. Martínez y D M. Acero. “Plataforma Robótica como Herramienta para el Desarrollo y Aprendizaje de Aplicaciones en Control Inteligente”, en *Tecnologías de Control y sus aplicaciones en Robótica Conf.*

[22] Kornylak, “Transwheel is a Multidirectional Wheel for Conveyors and Robots”. [Online] Disponible en: [http:// www.kornylak.com/wheels/transwheel.html](http://www.kornylak.com/wheels/transwheel.html)

[23] T. Soule y R. B. Heckendorn, “COTSBots: Computationally Powerful, Low Cost robots For Computer Science Curriculums”, *Journal of Computing Sciences in Colleges ACM*, vol. 27, No. 1, pp. 180-187, Oct. 2011.

[24] Analog Devices, “Low-Cost, Low-Power, complete dual Axis MemS Accelerometer”, [Online]. Disponible en: <http://www.analog.com/en/memsensors/mems-inertial-sensors/adxl202/products/product.html>