

La Robótica Pedagógica¹

Un vasto campo para la investigación y un nuevo enfoque para la academia

Omar Lucio Cabrera Jiménez
Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl

Resumen

Los investigadores y estudiantes pueden adquirir una gran cantidad de conocimientos de las disciplinas relacionadas con el diseño, la construcción y la programación de los mecanismos robóticos tales como la mecánica, la electrónica y la computación, además estos mecanismos son puestos a funcionar para apoyar la enseñanza de conceptos de diversas disciplinas, como en algunos ejemplos que presentaremos a continuación; esto es el alcance de la Robótica Pedagógica.

1 Introducción

Etimológicamente encontramos que la palabra **Robot** se encuentra emparentada con la palabra gótica *Arbaiths*, que significa trabajo, faena, apuro. Una palabra alemana análoga es *Arbeit*, que significa trabajo, y la palabra equivalente en eslavo antiguo es *Rabota*. En checo y en polaco, *Robota* quiere decir servidumbre o trabajo forzado [4].

Los robots generalmente son fabricados para hacer aquellas tareas que resultan complicadas o peligrosas para el ser humano y en aquellas áreas en las que la velocidad y la precisión de los mecanismos automatizados superen a las habilidades del hombre, pero, ¿en dónde surgió la idea de los robots?

En la antigüedad existió, en varias culturas, la idea de poseer aparatos mecánicos parecidos a los hombres o a los animales que fueran los encargados de hacer las tareas de la vida cotidiana. En la mitología griega, por ejemplo, se pueden encontrar sirvientes mecánicos que hacían los deberes en las casas de los dioses y cabezas que hablaban para pronunciar sentencias oraculares. En la India se hablaba de la existencia de hombres de madera que caminaban cantaban y danzaban, para entretener a la población y en Egipto, lo mismo que en China, se creía que los hombres sabios poseían los conocimientos necesarios para infundir vida a las estatuas y utilizarlas como esclavos.

Más tarde, durante la Edad Media, los investigadores prestaron especial interés por los autómatas; así hombres como Roger Bacon, Ramón Lull y el Papa Silvestre II lograron algunos avances en las ciencias formales que hoy en día son la base para el diseño y construcción de mecanismos automatizados.

Jacquard en 1801 [5], en la época en que se inventaron los telares automáticos, se inspiró en el mecanismo de las cajas musicales (que daban la facilidad de intercambiar sus carretes logrando con esto que las cajas produjeran diferentes melodías), para lograr por medio de tarjetas perforadas intercambiables controlar la secuencia de operación de los telares y obtener diferentes diseños. Esta misma idea fue utilizada por Herman Hollerith en 1886 para construir una máquina perforadora electromecánica con la que tabularon el censo de los EE.UU. de 1890.

La principal contribución de Jacquard fue separar la parte mecánica (en computación esto correspondería al hardware) de la parte de la realización de un programa de control (que correspondería al software).

¹ Artículo tomado del sitio: <http://www.fciencias.unam.mx/revista/soluciones/SA40/rob-ped.html>

Posteriormente Charles Babbage, quien es considerado como el padre de las computadoras, intentó aplicar los mismos conceptos de manera más general y John Von Neumann, en 1947, apoyado en las ideas de Babbage, estableció una forma de diseño en la cual se basan las computadoras modernas. Estas últimas juegan un papel muy importante en el control de muchos de los robots actuales.

Los robots hoy en día pueden ser vistos como un conjunto de mecanismos automatizados que son capaces de realizar el tipo de tarea para la cual han sido creados; es por lo anterior que una disciplina que ha tenido un gran éxito en los últimos años es la *robótica industrial*, cuya atención está centrada en el diseño y la construcción de robots que eleven la velocidad de los diversos procesos de producción y aumenten la calidad de los productos.

La ingeniería mecánica ha aportado una serie de avances importantes en la construcción de motores, de sistemas de transmisión y de sistemas hidráulicos que aunados al desarrollo de la tecnología de las computadoras han podido contribuir a la construcción de los robots que son utilizados actualmente.

La construcción de los robots, que existen actualmente, involucra dos aspectos fundamentales:

- El robot debe mantener un movimiento preciso en condiciones que varían.
- El robot debe ejecutar una secuencia de operaciones previamente determinadas, es decir, un programa.

2 Robots y Educación

Una tarea que *aún no* puede ser encomendada a los robots es la de la enseñanza, sin embargo, podemos auxiliarnos de tales mecanismos para transmitir conocimientos sobre algunas áreas muy particulares, tales como la electricidad, la electrónica, la mecánica y en particular la programación.

En 1968, en el Stanford Research Institute se construyó el primer robot móvil, éste poseía una cámara de televisión para determinar distancias, detectores de choque y un enlace por radio con una computadora. Algunos años después Nolar Bushnell realizó un robot doméstico al que llamó TOPO, el cual era controlado desde una computadora por medio de un enlace de infrarrojos, fueron éstos los primeros ejemplos de robots con finalidad puramente educativa. [5]

Los brazos de robots educacionales tienen la ventaja de ser de tamaño pequeño y por lo tanto la desventaja de tener poca capacidad de carga, por regla general son adquiridos por instituciones educativas y por aficionados, éstos pueden ser usados en experimentos que involucren simulación de robots industriales.

Los robots de suelo son los dispositivos periféricos más divertidos y didácticos, pues con ellos puede una persona entretenerse a la vez que se familiariza con las ideas de la programación. Existen varios robots de suelo disponibles comercialmente, entre ellos la tortuga LOGO, que sirve para dibujar líneas en el suelo de acuerdo a las instrucciones de un lenguaje Orientado a Objetos y que está conectado con cable a la computadora, el Piper Mouse tiene un enlace ultrasónico con una terminal y la Tortuga Valiant que es muy parecida a una tortuga real que tiene comunicación por medio de luz infrarroja con la computadora.

Algunas personas han aprendido los primeros conceptos de programación apoyándose en herramientas sencillas que de alguna manera utilizan a un robot. Durante algunos años Macintosh ha utilizado un sistema que tiene una tortuga virtual como herramienta para apoyar la enseñanza de la programación estructurada. El sistema KAREL también es un robot virtual que tiene un pequeño conjunto de instrucciones y condiciones, así como un conjunto de estructuras de control muy básicas, además tiene la capacidad de aprender tareas hechas en base a sus primitivas, lo que lo convierte en un robot muy poderoso. El sistema KAREL soporta todos los conceptos de la programación estructurada, por lo cual se considera un instrumento invaluable desde el punto de vista didáctico. [7]

3 La Robótica Pedagógica

En años recientes muchos investigadores de diversos países han creado como una nueva disciplina: la robótica pedagógica, con la finalidad de explotar el deseo de los educandos por interactuar con un robot para favorecer los procesos cognitivos. Martial Vivet nos propone la siguiente definición de robótica pedagógica:

Es la actividad de concepción, creación y puesta en funcionamiento, con fines pedagógicos, de objetos tecnológicos que son reproducciones reducidas muy fieles y significativas de los procesos y herramientas robóticos que son usados cotidianamente, sobre todo, en el medio industrial. [1]

Dada la definición anterior debemos reconocer que la primera actividad dentro de la robótica pedagógica es encargarse de estudiar el proceso de concebir, diseñar y construir mecanismos robóticos.

La segunda función que se debe realizar en esta área es la de constatar que efectivamente dichos mecanismos cumplan los fines pedagógicos, esto involucra investigaciones en las disciplinas del conocimiento, de la educación y del aprendizaje, áreas que competen también a las Ciencias Sociales y en particular a la Psicología.

Los investigadores y estudiantes pueden aprender mucho de la construcción de los mecanismos robóticos y además éstos son puestos a funcionar para apoyar la enseñanza de conceptos de muchas otras disciplinas, esto es el alcance de la robótica pedagógica.

A continuación presentamos las seis áreas de estudio de la robótica pedagógica que acertadamente han propuesto los investigadores que trabajan dentro de esta disciplina, así como algunos ejemplos de las investigaciones que se han realizado en dichas áreas:

3.1 La robótica pedagógica en la enseñanza en primaria y secundaria

La problemática que se ha observado en los niveles básicos de la educación se encuentra en el hecho de que a los alumnos *se les pide en un primer momento memorizar el contenido del material que cubren los programas escolares en los cuales ellos están inscritos, y en un segundo momento recitarlos con fines de evaluación. [1]*

En esta área de la robótica pedagógica se pretende enseñar a los niños los conceptos principalmente de programación y de matemáticas, entre otras materias, utilizando para esto herramientas que resulten interesantes para los alumnos y que faciliten el aprendizaje. La aplicación de esta disciplina tiene como objetivo el explotar lo atractivo que resulta para los educandos la idea de "*aprender jugando*". Esta es el área en la cual los investigadores se han enfocado con mayor frecuencia.

Enrique Ruíz Velasco Sánchez desarrolló *un robot pedagógico para el aprendizaje de conceptos informáticos*. Él creó un ascensor miniatura que puede ser programado por los alumnos (niños de primaria) y con esto ha demostrado que una herramienta nos puede permitir agilizar el proceso enseñanza-aprendizaje. Se empieza con problemas y conceptos muy sencillos y se va aumentando la complejidad de los primeros, así como el alcance de los segundos para que el alumno llegue a construir programas muy poderosos para resolver cuestiones complejas apoyadas por importantes conceptos informáticos. [1]

El trabajo de Paul D' Amour dentro de esta área es un estudio acerca de *la robótica pedagógica como soporte al aprendizaje de conceptos en ciencia y en matemáticas para estudiantes de 12 y 13 años*. En este trabajo se apunta que en un programa de ciencias y de matemáticas de una escuela primaria están contenidos una importante cantidad de conceptos que están inmersos en el proceso de concebir-fabricar-programar un robot. Esta idea genera gran interés en los alumnos y facilita el proceso cognitivo de tipo deductivo, un proceso que

requiere que el alumno atienda una serie de explicaciones, retenga los principios enseñados y los aplique en ejercicios prácticos que favorecen todo su proceso de aprendizaje. [3]

3.2 La robótica aplicada a los adultos en formación profesional

Se mencionó anteriormente que la robótica pedagógica puede apoyar la enseñanza en diversas disciplinas del conocimiento y que pueden utilizarse con personas de cualquier edad. No son pocas las ocasiones en que los maestros de niveles de educación superior han utilizado herramientas robóticas para facilitar la el proceso de enseñanza -aprendizaje.

Luis Guillermo Pedraza Moctezuma y Francisco Javier Fernández Puerto nos presentan sus investigaciones sobre las aplicaciones de la robótica en la enseñanza de la medicina. En este trabajo se hace la descripción de un Robot-Workstation, desarrollado para enseñar las funciones cerebrales. Este trabajo también menciona un robot que sirve para simular y enseñar el proceso de contracción muscular. El nombre de este trabajo es *Robótica y Medicina: Estado del arte*. [3]

Daniel Marchand creó a ROMÉO, un robot manipulador, su concepción y su realización están enfocadas hacia la enseñanza de los conceptos tecnológicos más que de los conceptos informáticos. ROMÉO posee una pinza que baja y sube para tomar objetos, tiene la facilidad de girar hacia la izquierda y hacia la derecha, también posee un sistema para detectar la presencia de los objetos que puede afianzar y cuenta con la facilidad de reconocer diferentes colores. ROMÉO es un instrumento que puede ilustrar a los alumnos la manera de utilizar los conocimientos que poseen (y aquellos que pueden adquirir) en las áreas de mecánica, electricidad, electrónica, informática y optoelectrónica para desarrollar sistemas robóticos que hagan diversas tareas. [1]

3.3 La robótica aplicada a las personas discapacitadas

En esta área la investigación se enfoca a la explotación de las propiedades de los mecanismos robóticos para ayudar a que las personas minusválidas puedan desenvolverse de una forma más normal a pesar de sus limitaciones. Lo que se refiere a Pedagogía en esta área se puede ver enfocando la atención en el trabajo de los investigadores en el planteamiento de metodologías que apoyen la formación de personal capacitado para el entrenamiento.

Michel Gilbert y Richard Howell han realizado un trabajo sobre el *diseño y uso de robots manipuladores como apoyos cognitivos y físicos para estudiantes ortopédicamente discapacitados*. En este documento estos científicos proponen reunir esfuerzos y conocimientos de educadores, ingenieros y terapeutas para desarrollar herramientas robóticas de rehabilitación y de educación. Dichas herramientas deben ayudar a resolver algunos de los problemas de los discapacitados, es decir, deben cumplir con alguno de los siguientes requerimientos:

- Ser auxiliares en la realización de actividades de la vida diaria.
- Ayudar a obtener una actividad remunerada.
- Ser educacionales y(o) terapéuticos.

Esta investigación también propone mezclar las diferentes metodologías de trabajo de las disciplinas que pueden intervenir en el proceso de creación de estos robots. [2]

3.4 La robótica, herramienta de laboratorio

Hemos mencionado la importancia que tiene en robótica pedagógica hacer mecanismos parecidos a los robots industriales con una finalidad didáctica. El lugar en donde puede hacerse mejor esta tarea es el laboratorio, pues nos da la facilidad de poder practicar los conceptos aprendidos en las aulas. Además, los fenómenos del mundo real pueden ser representados por medio del funcionamiento de un mecanismo robótico, por lo tanto, estos mecanismos pueden apoyar en gran medida la enseñanza acerca del comportamiento de muchos sistemas y de simular algunas formas de los procesos de producción de la industria, apoyando didácticamente a diversas disciplinas.

José Nieto, en la Universidad de Montreal, tiene su robot de laboratorio llamado *El Péndulo: un sistema robótico pedagógico para iniciar el estudio experimental de los fenómenos periódicos*. Este sistema robótico posee un gran potencial didáctico, pues permite a los estudiantes ver el funcionamiento periódico de un péndulo con la facilidad de poder controlar elementos que intervienen en este tipo de movimiento. [1]

En su laboratorio, Eric Bruillard y Loïc Lepennec hicieron un proyecto con la idea de fomentar un conjunto de actividades creativas: Su investigación lleva el nombre de *Concebir, Programar, Recortar: El proyecto filicouper*

En francés *fil* significa hilo y *couper* significa cortar. El *filicouper* es un hilo que se calienta y puede recortar placas de poliestireno. Este dispositivo es controlado por una computadora. Esta herramienta: es muy poderosa para enseñar geometría plana; es productiva, y posee además gran precisión, y es didáctica en áreas como la geografía, las artes plásticas, las matemáticas y la informática.

En un primer momento, el usuario debe diseñar un molde, es decir, *concebir* algún tipo de figura plana. El siguiente paso es hacer *programar* en un lenguaje de comandos numéricos las instrucciones que reproduzcan en la pantalla de la computadora el diseño que se había hecho. Finalmente le pide a la computadora que active el filicouper para *recortar* la figura como se ha visto en la pantalla. [1]

Jean-Baptiste La Palme y Maurice Belanger entrenan a grupos de estudiantes cuyas edades oscilan entre los 13 y los 17 años en un laboratorio en el que desarrollan un proyecto llamado: *Un teatro robotizado de marionetas construido y programado por los alumnos con ayuda del lenguaje Androide*. La idea de este proyecto es en una primera parte proporcionar a los alumnos ciertos conocimientos relacionados con la construcción y la programación de algunos mecanismos robóticos muy sencillos y después, en una segunda parte, hacer que los alumnos realicen prácticas en las cuales apliquen los conceptos que han aprendido. [2]

3.5 La robótica pedagógica para facilitar el desarrollo de los procesos cognitivos y de representación

La construcción y la utilización de herramientas robóticas permiten que el educando de cualquier edad pueda crear sus propios "micromundos", es decir, fabricar sus propias representaciones de algunos fenómenos del mundo que le rodea y esto con la consecuente ventaja de facilitar la adquisición de conocimientos acerca de dichos fenómenos.

En: *La robótica integrada al aprendizaje y a la enseñanza*, una investigación de Monique Noel y Guy Bergeron, se exponen las ventajas que existen en la fabricación y el uso de estas herramientas robóticas pedagógicas para capacitar a los alumnos desde temprana edad para tratar y resolver problemas. Estas actividades generan una importante cantidad de conocimientos en los niños y desarrollan sus aptitudes en el análisis, el cuestionamiento y la síntesis. [2]

Pierre Nonnon y Jean Pierre Theil afirman que el aprendizaje de muchos conceptos abstractos de tecnología y de ciencias puede ser enormemente favorecido por la robótica pedagógica, aun en las personas que aprenden con muchas dificultades. Exponen cómo puede ayudar la robótica pedagógica en la *formación de empleados de bajo nivel de calificación*. Los elementos del proceso de enseñanza-aprendizaje que están favorecidos por esta disciplina son: (a) La integración de lo teórico con lo práctico. Es mucho más fácil aprender de fenómenos observables que de teorías complejas y abstractas, (b) la enseñanza del proceso científico. Se debe conocer cuál es el orden en que debe realizarse el trabajo que permita obtener conocimientos, (c) la manipulación directa de los mecanismos. Se puede proporcionar capacitación en un laboratorio para efectuar tareas que impliquen el manejo de diversos sistemas, (d) la explotación de las representaciones gráficas. Se debe enseñar a interpretar información gráfica (curvas, esquemas, tablas, ecuaciones) para poder utilizarla proporcionando una adecuada instrucción en el manejo de ésta, y (e) utilización de representaciones matemáticas. Cada persona debe ser capaz de crear sus propias representaciones matemáticas de los fenómenos que pueda observar en su alrededor.

En cada uno de estos procesos la robótica pedagógica ha hecho una gran cantidad de aportaciones y ha demostrado su efectividad, asimismo, se siguen desarrollando herramientas robóticas que puedan elevar la cantidad y la calidad de los conocimientos de las personas y para los obreros esto puede servirles para aspirar a un mejor nivel de vida. [3]

3.6 Análisis y reflexiones sobre la robótica pedagógica y sus aplicaciones

Hemos expuesto la importancia que tiene ya la robótica pedagógica en la adquisición de conocimientos en diferentes áreas y a diferentes niveles de formación. Los distintos investigadores de esta disciplina hacen análisis sobre sus propios trabajos y vislumbran las múltiples maneras de seguir explotando las facilidades de ella.

Daniel Marchand ha trabajado en un laboratorio que posee computadoras, tarjetas de adquisición de datos y algunos sensores para impartir clases a alumnos del segundo ciclo de secundaria; los conocimientos que los alumnos deben obtener sobre algunos fenómenos físicos (como el comportamiento de las resistencias y los diodos) han sido ampliamente favorecidos por el uso de los equipos de este laboratorio y han permitido además que los alumnos obtengan conocimientos adicionales sobre electricidad, mecánica e informática. Marchand expuso los positivos resultados que obtuvo en una presentación titulada "Laboratorio-Salón de clases: balance de un año de utilización de un salón de clases informatizado de trabajos prácticos de ciencias físicas." [3]

Haciendo un análisis de las aplicaciones y las implicaciones de la robótica pedagógica, algunos investigadores plantean la necesidad de establecer metodologías de trabajo dentro de esta disciplina que determinen la manera en que deben hacerse los desarrollos científicos y tecnológicos que apoyen el proceso de enseñanza-aprendizaje. Gilbert Couture propone una metodología y plantea las ventajas didácticas de ésta en: "*La robótica y la adquisición de un concepto matemático en la escuela primaria.*" [3]

4 Conclusión

Esta nueva disciplina ha resultado de gran atractivo para una cantidad importante de investigadores alrededor de todo el mundo. Muchos profesionistas están dispuestos a contribuir con sus conocimientos y su trabajo en las diferentes áreas de estudio que se han planteado en robótica pedagógica. Cada investigador debe interactuar con especialistas de otras disciplinas formando equipos de trabajo que sean capaces de construir robots que puedan apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Es por esto que podemos decir que la robótica pedagógica nos ofrece un vasto campo para la investigación y un nuevo enfoque para la academia.

Rererencias

- [1] *Actes du Premier Congrès Francophone de Robotique Pédagogique* Édités par Pierre Nonnon et Martial Vivet, Le Mans, Francia 24 au 27 août 1989.
- [2] *Robotique Pédagogique Les Actes du Iie Congrès International* Édités par Pierre Nonnon et Martial Vivet, Montreal, Canadá août 1990.
- [3] Ruíz Velasco, E., "Robotica Pedagógica", Memoria de la *3a Conferencia Internacional*, coordinada por Enrique Ruiz Velasco, Ciudad de México, agosto de 1991
- [4] Cohen, J., "Los Robots en el Mito y en la Ciencia", Grijalbo, 1969.
- [5] Pawson, R., "El Libro del Robot", Gustavo Gili, 1986.
- [6] Gordillo, J.L., "Robótica: Reinventando la Inteligencia", revista *Soluciones Avanzadas*, septiembre, 1994.
- [7] Grupo de Computación, "Sistema de Programación KAREL-UAMI", Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, México, junio, 1989.

El autor es Ingeniero en electrónica de la UAM-Iztapalapa; candidato a Maestro en Ciencias de la Computación por el IIMAS, UNAM. Es Profesor Investigador de la Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl. Areas de interés: robótica, inteligencia artificial; análisis, diseño y programación orientada a objetos. Email: olcj@uxmcc2.iimas.unam.mx