

Robot programable para enseñanza de la Programación y las Estructuras de Datos

Armandina Juana Leal Flores, aleal@itesm.mx
Saúl Mijael Ibaven Bueno, saul.ibaven@gmail.com
Andros Zamarrón Solís, andros.z.s@hotmail.com
(81) 83582000 ext 4533
Departamento de Ciencias Computacionales
Tecnológico de Monterrey, Campus Monterey, N.L. México

***Abstract.** The purpose of this paper is to present an analysis of requirements for the design of a robot that can be used by students in the first three programming courses. This information can serve as a basis for designing a robot, which also fits the programming skills and knowledge of students, providing facilities to implement the concepts that they are learning. Currently there is a first version of the prototype that meets the requirements.*

***Resumen.** El propósito de este trabajo es presentar un análisis de requerimientos para el diseño de un robot que pueda ser empleado por los alumnos de los primeros tres cursos de programación. Esta información puede servir de base para diseñar un robot, que además de adecuarse a las habilidades y conocimientos de programación de los alumnos, proporcione facilidades para poner en práctica los conceptos que están aprendiendo. Actualmente se cuenta con la primera versión de un prototipo que cumple con los requerimientos.*

I. INTRODUCCIÓN

Los robots se utilizan en los cursos que se imparten a los estudiantes de secundaria, preparatoria y profesional para motivarlos en el aprendizaje de la programación (Mcgill, 2012).

Existen diversos tipos de robots muy sencillos de utilizar que han sido diseñados para que los alumnos que están aprendiendo los fundamentos de programación puedan emplearlos y manipularlos con sus programas.

Por lo general, los robots incluyen componentes de software que permitan manipular al robot sin tener que poseer conocimientos de electrónica y comunicación para hacerlo. Existen además paquetes de software que simulan el funcionamiento del robot de tal manera que el estudiante puede escribir el programa en ellos e indicar cuál robot quiere manipular con él.

Hay robots sencillos que permiten ejemplificar muy bien el uso de los estatutos básicos de programación sin embargo, resulta poco motivante su uso para practicar conceptos más elevados tales como la programación orientada a objetos y estructura de datos. También, existen otros tipos de robot que requiere que se invierta un tiempo en conocer su funcionamiento y su propio lenguaje de programación (Delman et al., 2010) antes de poder utilizarlos desde un programa.

Con este hecho, se inició una investigación para obtener un análisis de requerimientos para el diseño de un robot que pueda ser empleado por los estudiantes de los cursos de fundamentos de programación, programación orientada a objetos y estructura de datos. Un robot que cuente con herramientas tanto de hardware como de software para que se acople a las habilidades y conocimientos que posee el alumno en ese momento y que facilite la práctica de lo que está aprendiendo a través de la realización de programas con aplicaciones reales.

II. ANTECEDENTES

Actualmente ofrecemos a los estudiantes de tecnologías tres cursos de programación en los que se cubren los fundamentos de programación, programación orientada a objetos y estructura de datos. Así mismo, impartimos un curso de fundamentos de programación a estudiantes ajenos a las carreras de Tecnologías de la Información. Con el fin de motivar a los alumnos, los maestros hemos empleado diferentes estrategias como el aprendizaje activo, uso de tecnologías que evalúan el aprendizaje y el empleo de robots e interfaces inteligentes. Desde hace algunos años, los profesores hemos incorporado a las prácticas de laboratorio y tareas el uso de robots como el Finch de *BirdBrain Technologies* (Lauwers, 2010), el Nao de *Aldebaran Robotica* y el *e-puck* (Mondada, 2009), entre otros. También hemos promovido el que los estudiantes utilicen interfaces inteligentes como el Kinect de Microsoft, el EPOC Neuroheadset de Emotiv. Ambos tipos de dispositivos son controlados por los estudiantes a través de programas escritos en C++ o en C#. Nuestros estudiantes cuentan con un laboratorio equipado con estos y otros dispositivos que los alumnos utilizan de manera libre para fomentar de esa manera su motivación y fortalecer el autoaprendizaje.

III. PROYECTO

Para determinar cuál es el diseño que debiese tener el robot, se dividió el proyecto en varias etapas. Las primeras de ellas consistieron en realizar actividades con los estudiantes y después recabar información basada en su experiencia con el uso de un robot o interface inteligente. En las siguientes etapas se analizó la información y se realizó el diseño de un prototipo del robot.

A. Actividades utilizando el Robot

En la primera etapa del proyecto participaron los alumnos del área de tecnologías que estaban cursando las materias Fundamentos de Programación o Estructura de datos. De igual manera, también colaboraron alumnos del área de ingeniería en el curso Métodos Numéricos.

Para esta fase del proyecto, se diseñaron prácticas de laboratorio en las que se les solicitaba a los estudiantes emplear sus conocimientos de C++ ó C# para manipular un robot o una interfaz inteligente. Los estudiantes realizaron de 1 a 3 actividades utilizando el robot Finch y el Kinect. Para la recolección de la información, al final del semestre se aplicó una encuesta.

De los 48 alumnos encuestados, la mayoría está de acuerdo en que el uso de un robot o interface inteligente le ayuda en su aprendizaje de la programación. Todos ellos consideran que no todas las prácticas de programación tienen que hacerse empleando el robot, con tres o cuatro prácticas al semestre es suficiente. También opinaron que les gustaría que las actividades que se encargaran fuesen actividades retadoras empleando el robot.

B. Características del Robot

La segunda etapa del proyecto consistió en recabar información sobre las características deseables en un robot. En esta ocasión se encuestaron 68 estudiantes del primero al tercer semestre de las carreras Ingeniero en Mecatrónica e Ingeniero en Producción Musical Digital que tomaron el curso Solución de problemas con programación. Estos estudiantes realizaron tres tareas y un proyecto empleando el robot Finch desde el lenguaje de programación C++.

De los 68 estudiantes solo el 34% de ellos había empleado un robot anteriormente y el 99% opinaron que el uso del robot les ayudó a comprender mejor lo que estaban aprendiendo en clase ya que les permitió ver el funcionamiento en algo físico. Se les solicitó a los alumnos que clasificaran del uno al cinco el agrado por las características del robot de tal forma que uno representa completo agrado y el cinco todo lo contrario. Los resultados se pueden apreciar en la Figura 1.

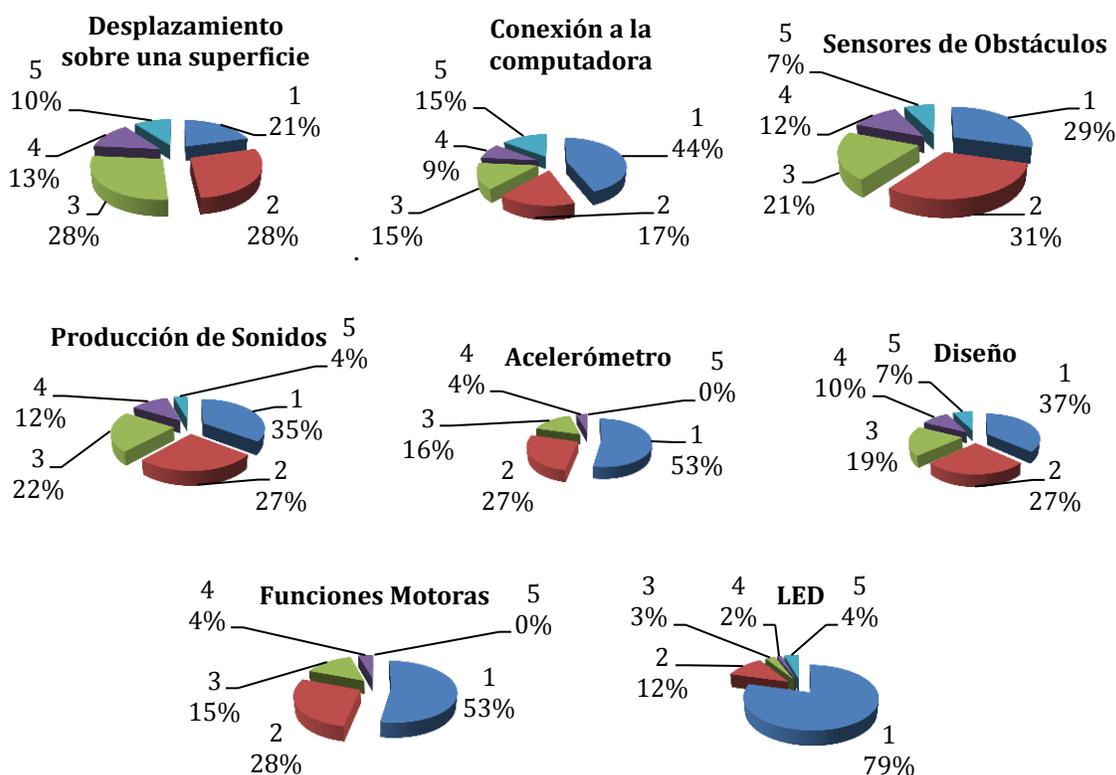


Figura 1. Características del Robot

Además, el 68% de los estudiantes consideran que el uso del robot fue algo complicado debido principalmente a la falta de familiarización con la interfaz de Visual Studio, la falta de conocimiento del funcionamiento de los sensores, la poca o nada experiencia con la programación de robots y algunas características mecánicas de diseño que provocaban que el robot no actuara como se había programado. El 28% de los estudiantes opinaron que el trabajo con el robot no fue complicado ya que las bases de programación para interactuar con él fueron vistas en clase. Un 4% de los estudiantes opinó que el trabajo

con el robot fue muy complicado porque sintieron que les faltó conocimientos sobre cómo utilizar las funciones de software para el control del robot.

Dentro de la misma encuesta se dio oportunidad a los estudiantes de que de manera libre dieran su opinión sobre lo que debe poseer un robot. Los resultados son los siguientes:

- Forma del Robot. En cuanto a la forma del robot los estudiantes prefieren: humanoide, forma de algún animal, reconfigurable ó automóvil.
- Color del Robot. Los colores seleccionados fueron: azul, negro o blanco.
- Sensores. Opinan que además de los sensores del Finch (acelerómetro, luz, proximidad y temperatura), se deben incluir sensores con aplicaciones ingenieriles: ultrasónicos, micrófono y táctiles por mencionar algunos.
- Movilidad. Es importante que el robot pueda moverse de manera fluida y precisa; por lo que recomiendan el uso de cuatro llantas, la posibilidad de caminar, el uso de orugas (como tanques), llantas con más fricción y todo terreno. También opinan adecuado agregar extremidades al robot y que tenga la capacidad de reincorporarse en caso de volcadura.
- Otras funcionalidades. Consideran atractivo que el robot tenga la capacidad de generar sonidos de buena calidad y que pueda identificarlos. Además que cuente con una pantalla e iluminación (LED's).
- Comunicación. Es primordial que la comunicación entre las aplicaciones y el robot sea inalámbrica.
- Características Adicionales: El robot debe ser ligero y diseñado con materiales resistentes; con acceso a la red (Wi-Fi o Ethernet); que se le puedan adaptar componentes que provean capacidades adicionales como la de volar o flotar; que la fuente de alimentación sea recargable; que contenga memoria para guardar programas; que pueda ser operado con radio control y que cuente con un sistema de visión (videocámara).

C. Plataforma de Software para el Robot

Como se comentó anteriormente es común que los robot incluyan una plataforma de software para facilitar su uso (Delman, 2010). En la investigación se encontró que esto se ofrece de diversas maneras. Existen robots que tienen su propio lenguaje de programación, mientras que otros pueden ser operados con programas escritos en lenguajes como el C/C++, Visual Basic, Python, Java y C# por mencionar algunos. Además, la mayoría de ellos se encuentran restringidos a un cierto tipo de Sistema Operativo. Los que permiten ser operados desde un lenguaje de programación incluyen una lista de funciones, variables y clases que el estudiante debe aprender a utilizar para poder manipular el robot.

Los cursos iniciales de programación tienen como objetivo enseñar al estudiante a programar. Generalmente se emplea un lenguaje de programación para que el alumno además de practicar los temas que está viendo en clase, aproveche la oportunidad de conocer los lenguajes que se utilizan en las empresas. La cantidad de cursos que los estudiantes pueden tomar sobre programación son limitados. Cada uno de esos cursos tiene su objetivo y contenido, que difícilmente se puede decir, que se le puede dedicar tiempo de la clase en conocer las características de un robot.

Es por eso importante que la infraestructura alrededor del robot se acople a los conocimientos y habilidades de programación del alumno; que sea muy fácil para el estudiante incorporar las funciones del dispositivo en sus programas cuando está empezando a programar pero que también pueda construir clases que agreguen nuevas funcionalidades al equipo de una manera práctica.

Además dicha plataforma debiese ser visual acorde a las tecnologías que está acostumbrándose a emplear y que permita operar al robot desde cualquier tipo de dispositivo ya sea Laptop, Smartphone, Tablet, etc.

D. Prototipo del Robot

Tomando como base la información recabada se definieron las características de hardware y software que debe tener el nuevo robot. Tanto para la parte de hardware como de software se establecieron metas. Actualmente se ha desarrollado la primera versión de un prototipo de robot y se están analizando las tecnologías de software que se emplearán para manipularlo.

Antes de realizar el primer prototipo, se diseñó una tarjeta electrónica que permitiera simular el funcionamiento de un robot en cuanto a las capacidades de sensores e iluminación únicamente. Se probó el funcionamiento de la tarjeta realizando programas que utilizaban los conocimientos de estructura de datos para medir e interpretar la información proporcionada por los sensores. Como por ejemplo, se realizó un programa que empleaba el sensor ultrasónico para medir la distancia entre la tarjeta y diferentes objetos, almacenar estas distancias en una estructura de datos e interpretar las distancias gráficamente en base a un código de colores mostrado en LED RGB.

El primer prototipo del robot está construido utilizando la plataforma electrónica de código abierto Arduino, la cual ha probado ser una de las herramientas más sencillas para relacionar la programación y la electrónica con fines educativos (Vaughn, 2009). Para el diseño mecánico se tomaron en cuenta los resultados del estudio anterior con respecto a las características de movilidad deseables para un robot, haciendo especial énfasis en la precisión y fluidez de sus movimientos. Se realizó una configuración de cuatro llantas, dos llantas frontales encargadas de guiar al robot, y dos llantas posteriores que sirven de soporte. Cabe resaltar que el material de las llantas es fundamental para una buena tracción, lo que nos asegura un movimiento más certero del sistema. En esta primera fase el material seleccionado para las llantas fue el caucho.

Como funcionalidades iniciales se seleccionaron las mediciones de distancia (ultrasónico), posición (acelerómetro), detección de obstáculos (fototransistores) y temperatura.

Uno de los aspectos más importantes en la implementación de este primer prototipo era lograr la comunicación inalámbrica entre el robot y la computadora. Para esto se seleccionó el estándar ZIGBEE (Digi, 2013) ya que se puede adaptar fácilmente a la plataforma Arduino.



Figura 2. Prototipo

IV. CONCLUSIÓN

La presente investigación puede servir como marco de referencia para el diseño de un robot que pueda ser empleado en los cursos Fundamentos de Programación, Programación Orientada a Objetos y Estructura de Datos. Las características físicas del robot deben incluir al menos: comunicación inalámbrica para brindar más libertad al robot, características mecánicas que permitan que el robot pueda moverse en diferentes tipo de superficies y de manera precisa, una gran variedad de sensores calibrados y enfocados a aplicaciones reales y otras funcionalidades que permitan ampliar el tipo de prácticas que pueden hacer los estudiantes a fin de poder acoplarlo a los temas que están aprendiendo.

También, se debe incluir con el robot una plataforma de software amigable en la que se tenga acceso a las funciones que controlen al robot y que los alumnos puedan utilizar sin importar el sistema operativo y el lenguaje de programación que están aprendiendo.

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Juan A. Nolazco por su incondicional apoyo en la realización del mismo.

REFERENCIAS

- [1] G. O. Young, “Synthetic structure of industrial plastics (Book style with paper title and editor),” in *Plastics*, 2nd ed. vol. 3, J. Peters, Ed. New York: McGraw-Hill, 1964, pp. 15–64.
- [2] Brock, J. Dean, Bruce, Rebecca F., Reiser, Susan L. “Using Arduino for introductory programming courses”, *Journal of Computing Sciences in Colleges archive*, Volume 25 Issue 2, December 2009, Pages 129-130
- [3] Delman Amy, Ishak, Adiba, Goetz, Lawrence, Kunin, Mikhail, Langsam, Yedidyah, Raphan, Theodore, (2010), “Development of a system for teaching CS1 in C/C++ with Lego NXT robots”, *Conference on Frontiers in Education – FECS*, pp. 396-400.
- [4] Digi International Inc, (2013). ZIGBEE, <http://www.digi.com/technology/rf-articles/wireless-zigbee>
- [5] Lauwers, T., Nourbakhsh, I., (2010). “Designing the Finch: Creating a Robot Aligned to Computer Science Concepts” *Association for the Advancement of Artificial Intelligence (www.aaai.org)*

- [6] McGill, Monica M. (2012). "Learning to program with Personal Robots: Influences on Student Motivation". ACM. Transactions on Computing Education, Vol. 12 No. 1, Article 4.
- [7] Mondada, F., Bonani, M., Raemy, X., Pugh, J., Cianci C., Klaptocz A., Magnenat S., Zufferey J., Floreano D., Martinoli A., (2009), "The e-puck, a Robot Designed for Education in Engineering", LIS-CONF-2009-004.
Proceedings of the 9th Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions, vol. 1, num. 1, p. 59-65
- [8] Vaughn, John, (2012), "Hands-on computing with Arduino", Journal of Computing Sciences in Colleges, Volume 27, Issue 6, Consortium for Computing Sciences in Colleges , USA