

---

## La Robótica como un Medio Accesible de Aprendizaje

*Enrique Crisóstomo Bravo*

*exbvo@yahoo.com.mx*

*Alumno de Maestría en Informática SEPI UPIICSA IPN*

*Dra. Claudia Marina Vicario Solórzano*

*marina.vicario@gmail.com*

*Instituto Politécnico Nacional*

*Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas*

*Sección de Estudios de Posgrado e Investigación*

### Abstract

*Robotics has remarkably evolved in the past 25 years. Here is shown as a resource in the development of teaching-learning process activities for the purpose of adding a spur to encourage school teenagers in the study of different subjects in a didactic sequence. The topic called sometimes pedagogical robotics or educational robotics, which has recently covered a much bigger concern, is now not only user friendly but also pertinent. According to the Millennium Development Goals and with a recent era that has already begun, which is also called the 4th Industrial Revolution, or moreover the cyber trends such as Internet of Things, augmented reality, Big Data or real-time learning; we ask to ourselves, how should the present and future students have to be trained from now on, in order to have the necessary skills to be able to function and develop in a new culture in which robots will be the principal actors in many of the jobs carried everyday?. Because of this, the development of a didactic sequence is aimed, and this is thought to incorporate the robotics to solve different cases in STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) education.*

### Introducción

El avance tecnológico ha logrado un impacto no solo en los productos y servicios a los que tenemos acceso, las formas de enseñar y aprender se han visto revolucionadas con posibilidades que no solo nos dan una mejor presentación con información más precisa, amplia y actualizada. No obstante poco es lo que se ha llevado a las aulas y que cambie realmente la forma de enseñanza, que en su mayoría se encuentra centrada en el profesor de manera expositiva, al menos en educación básica hasta media superior. Es aquí donde se encuentra un área de oportunidad, en la se aprovecha el interés que se genera en los alumnos con la aplicación de tecnología, pero más aún cuando se interactúa con la misma, o se construye en forma lúdica y práctica. En este trabajo se presenta a la robótica pedagógica como una opción más a considerar en la construcción de una secuencia didáctica, que permita abordar algunos contenidos de lo que se conoce como educación STEM, por sus siglas en inglés (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Pensar en acercar la robótica a las aulas de Educación Media puede para algunos, parecer aún algo lejano, sin embargo, el desarrollo que hemos tenido en los últimos 25 años nos permite comprender que actualmente esto no solo es posible, sino también pertinente. El uso de tecnologías como Arduino, Raspberry Pi e impresión 3D facilita esta labor.

---

## Contexto de la Robótica en México en los Últimos Años

Pensar en la robótica como algo accesible para los estudiantes de licenciatura en las Universidades o Institutos de México hace 25 años no era algo que se considerase factible, menos aún cuando los planes de estudio que pudieran contemplarlo en Carreras afines a la Ingeniería en Electrónica se enfocaban fuertemente a la electrónica de potencia, con un estudio profundo en tubos de vacío, triacs, tiristores, etc.; y que implicaban una serie de análisis adicional en cuanto a control de temperatura, mecánica y control automático analógico o discreto; la robótica pertenecía al área industrial, o bien a una minoría selecta en áreas de investigación y especialidades, como lo fue un grupo de 30 investigadores y 20 estudiantes de diferentes disciplinas bajo la dirección de Alejandro Meléndez Pedroza en la Universidad Autónoma de Puebla en 1992 con el desarrollo del Robot “Don Cuco el guapo”, considerado uno de los pioneros de la robótica en México (Negrete, 2016).

La tecnología fue evolucionando y creciendo en capacidad, a la vez que se lograba un mayor procesamiento de información en un menor tamaño y con menores voltajes, esto era cada vez más eficiente, y cada vez también más barato, pero tal parece que hay una tendencia de ir, si se vale la expresión, “virtualizando la electrónica digital; virtualizando el hardware”. Los diseños que se hacían en papel y que se probaban hasta que se ensamblaban dispositivos y se “quemaban” los programas correspondientes bit a bit en el caso de microcontroladores, han evolucionado gracias al desarrollo del software al grado de modelarlos y diseñarlos en una interfaz de software, ensamblarlos y probarlos para distintas entradas y diferentes entornos de manera virtual. Como prueba de esto tenemos al lenguaje y entornos de desarrollo VHDL, desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos desde inicios de los 80's pero que se consolidó con la primera revisión de IEEE en septiembre de 1993 y que hace posible el diseño por completo de una computadora y su ejecución de manera virtual. La evolución de la electrónica digital ha llegado al grado de transformarse en software en muchos casos y esto ha disminuido aún más los costos de desarrollo; esto en tan solo 2 décadas.

Este panorama nos muestra lo difícil que era en esta época concebir la idea de desarrollar un robot como estudiantes de alguna ingeniería. Las cosas han cambiado radicalmente la integración de diversas tecnologías disponibles al alcance de todos actualmente facilitan la posibilidad de desarrollar proyectos basados en robótica con costos accesibles y en tiempos de desarrollo realmente rápidos. Vemos entonces que estas complejidades, que se han descrito desde hace 25 años, han venido simplificándose gradualmente. No así para todos, muchos especialistas de otras áreas consideran la robótica aún como ciencia ficción y en general quien no está cerca de áreas de tecnología manifiesta algunas limitaciones no solo para manejarla, sino incluso para conocer su existencia, y es que resulta difícil incluso para profesionistas en esta área mantenerse a la vanguardia en el conocimiento de marcas, tendencias, realidades, ficción y avances tecnológicos que se desarrollan día a día.

## Objetivos de Desarrollo del Milenio, Problemas Sociales y Relación con la Robótica

Por otro lado, existe una necesidad de atender diferentes problemáticas sociales a nivel mundial. La ONU expresó desde septiembre del año 2000 en la Declaración de la Cumbre del Milenio, los objetivos de desarrollo del milenio, que involucran: erradicar la pobreza extrema y el hambre, lograr la enseñanza primaria universal, promover la igualdad entre los sexos y el

empoderamiento de la mujer, reducir la mortalidad de niños menores de 5 años, mejorar, la salud materna, combatir el VIH/SIDA, la malaria y otras enfermedades, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y fomentar una alianza mundial para el desarrollo (ONU, 2000). Pero ¿qué relación tienen estos problemas sociales con el tema de tecnología?, la UNESCO nos responde: “Ciencia, tecnología e innovación (CTI), son elementos centrales para el desarrollo de sociedades del conocimiento sostenibles. Las capacidades nacionales de CTI son, por lo tanto, un importante motor de crecimiento económico y desarrollo social”. Las CTI son una herramienta para el desarrollo, creer que por sí mismo el acceso a internet, las redes sociales, el dar voz a las minorías a través de la tecnología; resolverá nuestras problemáticas, no es lo que se quiere decir. Es el conocimiento que se potencializa con estas herramientas, el que “es el recurso crucial de la nueva economía y la nueva sociedad; el equivalente a la energía, a la fuerza de trabajo y al capital mismo de la era anterior, pero ahora en un solo componente” (Vicario, 2011). Complementariamente podemos decir que la CTI proporciona los elementos técnicos necesarios, la infraestructura y nuevos materiales o instrumentos a actuar en esta nueva civilización, con una ahora cibercultura.

Si seguimos la trayectoria de este interés mundial por atender estas prioridades, veremos que a los largo de los últimos 14 años se han continuado trabajos por parte de organismos internacionales, como la ONU nuevamente con la Cumbre mundial de la Sociedad de la Información que tuvo lugar en Ginebra a finales del 2003 y después en 2005 con los compromisos de Túnez, donde se esbozaron las bases para la aplicación y seguimiento de los fundamentos de la Sociedad de la Información.

*“En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible; una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás. La Agenda cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, que incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de nuestras ciudades (ONU, 2015).”*

### **Aplicación de la Robótica en Ambientes de Aprendizaje**

Erróneamente muchos piensan que incorporar las Tecnologías de Comunicación más modernas y caras, por sí mismo nos coloca a la vanguardia en educación. Sin embargo, el modelo sigue siendo generalmente el mismo, se imparte cátedra con los mismos programas académicos, las mismas secuencias didácticas; en muchos casos solo se cambió el escribir en el pizarrón por escribirlo en una diapositiva.

La propuesta que aquí se describe, tiene por objetivo detonar la motivación y el interés de los estudiantes a través del uso de la robótica, un robot rompe con el esquema tradicional de una clase magistral, de una clase centrada en el profesor. Ya sea que se trate de un robot funcionando, se puede usar para darle aplicación a conceptos de física por ejemplo: calcular trayectorias, estimar energías, explicar conceptos de estática, etc., como parte de su programación, se puede motivar a estudiantes en el área de informática, cómputo, o alguna ingeniería a crear las rutinas en el lenguaje correspondiente para realizar alguna tarea específica, entre muchas otras posibilidades.

---

Después de ver la evolución no solo en el uso de tecnología, sino también en la forma en cómo se ha venido desarrollando, además de cómo se atienden las problemáticas mundiales y lo que se espera poder resolver en los próximos años, es válido preguntarse: ¿cómo se deben ir preparando los estudiantes del nuevo milenio para que en el 2030 cuando se espera que todo esto sea algo alcanzado, cuenten con competencias adecuadas, que les permitan su inserción en ciudades inteligentes, comunidades hiperconectadas, su interacción con el internet de las cosas y la industria 4.0, pero que además estén listos para continuar con los desarrollos necesarios de esta nueva era y que la cibercultura sea una realidad para lograr una civilización del conocimiento y el bienestar?

De inicio podemos analizar cómo se responde al estímulo de aprender algún concepto, incorporándolo con un robot y comparándolo con una clase tradicional, la hipótesis es que la motivación y el interés por el tema aumenten con respecto a la forma tradicional. Un medio didáctico novedoso despierta además un interés de ver que un tema árido, como generalmente lo es para un alumno de Nivel Medio Superior, se aplique en un problema real de nuestro entorno.

Esto no es nuevo, la Educación se ha visto reforzada en los últimos años con la Robótica Pedagógica, que mejora la calidad del aprendizaje de las ciencias de una manera lúdica y así mejora el interés de los estudiantes por la tecnología, las actividades creativas y las actividades interdisciplinarias en la resolución de problemas (D'Abreu, 2017). El enfoque STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) "permite el desarrollo de competencias científicas para enfrentar los desafíos actuales de la Humanidad y proveer las capacidades técnicas necesarias para el mundo del trabajo". (García et al., 2017).

En su trabajo "Necesidades formativas del profesorado de Secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM" Fuentes y González (2017) nos dicen:

"STEM propone acercar el conocimiento de este ámbito a la realidad del alumnado con un triple objetivo encadenado: (1) vencer la desmotivación creándole interés por el mundo en el que vive, (2) repercutir directamente en su rendimiento académico (Peña y Madrid, 2015) y (3) fomentar las vocaciones científicas (Convert y Gugenheim, 2005; Vázquez y Manassero, 2009; Stohlmann, Moore y Roehrig, 2012).

En este sentido, la Robótica Pedagógica que ha cobrado fuerza en los últimos años y que ha sido ampliamente estudiada, convierte a la robótica en un medio para alcanzar ciertos aprendizajes. Willging, Astudillo, Castro, Bast, Ocelli & Distel (2017) dicen lo siguiente:

"Los robots son la conexión ideal entre una programación con una impronta lúdica y la representación de las instrucciones sobre un contexto real. Inicialmente cuentan con el potencial de facilitar el aprendizaje de un lenguaje de programación, propiciar la experimentación y estimular las competencias asociadas a la resolución de problemas".

Sin duda los beneficios de incorporar la robótica pedagógica a una secuencia didáctica se ven reflejados en un mayor aprovechamiento, los resultados mostrados en el trabajo "Robótica educativa para enseñanza de las ciencias" (Mancilla, Aguilar, Aguilera, Subías y Ramírez, 2017); muestran un incremento del 51% en mejora, sobre las evaluaciones en el área de ciencias en

---

el Nivel Medio Superior haciendo evaluaciones apriori y aposteriori a la aplicación de este modelo.

Como estrategia general, se esperaría poder definir algunos indicadores pedagógicos que nos permitan en forma similar ir midiendo la evaluación de los procesos de enseñanza/aprendizaje en diversos grupos aleatorios, aplicando una estrategia de robótica pedagógica en unos pero no en otros. La hipótesis esperada sería que la misma evaluación en los grupos con estrategia de robótica pedagógica mejore sustancialmente con respecto a la otra. En este sentido se pueden considerar indicadores de entrada, proceso y salida, como los sugeridos en el trabajo de investigación "Propuesta de indicadores del proceso de enseñanza/aprendizaje en la formación profesional en un contexto de gestión de calidad total" (Fernández, 2005), tales como porcentaje de asistencia del alumnado, porcentaje de asistencia por alumno, porcentaje de aprobados, porcentaje de conformidad de alumnos de un curso y clima en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### **Conclusiones**

De acuerdo a la información consultada y a la revisión de ideas planteadas en este trabajo, podemos concluir que la Robótica Pedagógica o Robótica Educacional que tiene ya algún tiempo en desarrollo, en los últimos años ha cobrado un auge en el que se empiezan a conocer resultados positivos que impactan la calidad del aprendizaje desarrollado en diversos niveles educativos, desde niños en educación inicial, hasta estudiantes universitarios. En todos los casos existe un componente de motivación que se adiciona a la que se pudiera tener en forma interna en los estudiantes, pero además se observa que los profesores o investigadores que lo ponen en práctica se contagian también de esta motivación, incluso antes de ponerla en práctica. No se puede adelantar en forma cuantitativa el nivel de impacto que esto puede tener en una secuencia didáctica en general en cuanto a la evaluación de los aprendizajes, no obstante veíamos un caso particular en el que se incrementa el valor de la evaluación en un 51%. Para precisar esto se requiere de la definición de indicadores que nos permitan hacer una comparativa entre un método de enseñanza tradicional y uno como el aquí propuesto. Por otro lado, nos encontramos en un momento histórico en el que contamos con todos los elementos tecnológicos, en forma accesible y de manera pertinente, dada la penetración que han tenido tecnologías como Raspberry y Arduino, así como la gran disponibilidad de documentación, dado su carácter Open Source, por lo que es factible el trabajar con este tipo de propuestas accesible a quienes estén interesados.

---

## Referencias

Negrete, J.C., (2016). Robotics in Mexican agriculture, current situation and perspectives, *International Journal of Horticulture*, 6(8): 1-8

ONU, (2000). Declaración del Milenio, ONU, Nueva York. Recuperado el 6 de noviembre de 2017, de <http://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf>

Vicario, C., (2011). Fragmentos de una teoría de la Informática Educativa para la civilización del conocimiento. Recuperado el 6 de noviembre de 2017, de [http://www.ai.org.mx/ai/archivos/ingresos/vicario/trabajo\\_ingreso\\_vicario.pdf](http://www.ai.org.mx/ai/archivos/ingresos/vicario/trabajo_ingreso_vicario.pdf)

ITU, (2005). La Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información, documentos finales, Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), Ginebra. Recuperado el 27 de noviembre de 2017, de <http://www.itu.int/wsis/index-es.html>

ONU (2015): Objetivos de Desarrollo Sostenible - 17 Objetivos para transformar nuestro Mundo. Recuperado el 27 de noviembre de 2017, de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

D'Abreu, J., y Condori, K. (2017). Educación y Robótica Educativa. *Revista de Educación a Distancia*, (54).

García, Y. Reyes, D. y Burgos F. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 17(33), 35-46.

Fuentes, M., y González, J. (2017). Necesidades formativas del profesorado de Secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM. RED. *Revista de Educación a Distancia*, (54).

Willging, P., Astudillo, G., Castro, L., Bast, S., Ocelli, M., y Distel, J. (2017). Educación con tecnologías: la robótica educativa aplicada para el aprendizaje de la programación. (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires). Recuperado el 27 de noviembre de 2017, de <http://hdl.handle.net/10915/62859>

Mancilla V., Aguilar R., Aguilera J., Subías K., & Ramírez A. (2017). Robótica educativa para enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad*, 4(7).

Fernández, M. A. A. (2005). Propuesta de indicadores del proceso de enseñanza/aprendizaje en la formación profesional en un contexto de gestión de calidad total. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, v. 11, n. 1.