

Desarrollo de un prototipo de brazo robótico para robot social mediante Aprendizaje Basado en Proyectos

Development of a prototype of a robotic arm for a social robot through Project Based Learning

José Luis Hernández Ameca¹, Carlos Armando Ríos Acevedo¹, Carmen Cerón Garnica¹, Mariano Ángel Espinoza Pérez¹

¹ Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria, Edif. CC03-205 Laboratorio de Sistemas Robóticos "SIRO", 14 sur y Ave. Sn. Claudio, Fraccionamiento Jardines de Sn. Manuel, C.P. 72570 Puebla, Pue. México
joseluis.hdzameca@correo.buap.mx, carlos.rios@correo.buap.mx, carmen.ceron@correo.buap.mx, mariano.espinoza@alumno.buap.mx

Fecha de recepción: 26 de julio de 2023

Fecha de aceptación: 26 de septiembre de 2023

Resumen. En este proyecto, se empleó la metodología Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) con la finalidad de impulsar la creatividad, vincular y aplicar conceptos teórico prácticos con un grupo de diez alumnos del décimo semestre de la Ingeniería en Ciencias de la Computación, que desarrollan sus tesis en el Laboratorio de Sistemas Robóticos (SIRO) de la Facultad de Ciencias de Computación (FCC) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Este trabajo se enfoca al desarrollo de un prototipo de brazo robótico como parte de un conjunto de tesis, que tienen el objetivo común de desarrollar cada una de las partes del robot social llamado A.M.U.G.Y. 1.0. El ABP mostró ser una herramienta útil para organizar y alcanzar las metas establecidas dentro del proyecto, incluyendo el uso de técnicas de Diseño Asistido por Computadora (CAD), matemáticas, hardware y programación.

Palabras Clave: Aprendizaje Basado en Proyectos, Hardware, Robótica.

Summary. In this project, the Project Based Learning (PBL) methodology was used with the purpose of promoting creativity, linking and applying theoretical and practical concepts with a group of ten students from the tenth semester of Computer Science Engineering, who develop their thesis at the Robotic Systems Laboratory (SIRO) of the Faculty of Computer Sciences (FCC) of the Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). This work focuses on the development of a robotic arm prototype as part of a set of theses, which have the common objective of developing each of the parts of the social robot called A.M.U.G.Y. 1.0. PBL proved to be a useful tool to organize and achieve the goals established within the project, including the use of Computer Aided Design (CAD) techniques, mathematics, hardware and programming.

Keywords: Project Based Learning, Hardware, Robotics.

1 Introducción

En la metodología Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), se valora la incorporación de proyectos reales como parte integral de la experiencia educativa en ingeniería. Esta práctica, busca desarrollar habilidades en los estudiantes que les permitan aplicar sus conocimientos en situaciones concretas, y prepararlos para enfrentar los retos que se presentan en el mundo laboral.

Los proyectos en ABP deben estar diseñados de manera estructurada, siguiendo una secuencia que permita a los estudiantes adquirir competencias progresivamente. Esto implica que los proyectos deben considerar la secuencia de asignaturas y sus prerrequisitos, de forma que los estudiantes puedan construir sus conocimientos y habilidades a lo largo de su carrera [1].

En la metodología ABP, el diseño del currículo y los materiales de aprendizaje se enfocan en las necesidades de los estudiantes, considerando los objetivos de aprendizaje a ser alcanzados. Se utilizan modelos de aprendizaje que requieren de materiales adecuados y prerrequisitos para su comprensión.

El ABP, se enfoca en la exploración activa de problemas del mundo real, lo que permite a los estudiantes adquirir un conocimiento profundo y construir su comprensión a través de diversas formas de representación. Este enfoque se basa en actividades y tareas reales en la vida cotidiana, y se realizan en grupos para fomentar la resolución de desafíos y problemas [2].

En la metodología ABP, se enfatiza en la importancia de utilizar proyectos como medio para desarrollar una experiencia de aprendizaje práctica y constructivista en las carreras de ingeniería. En el ABP, los proyectos se

diseñan para permitir a los estudiantes explorar activamente problemas desafiantes en el mundo real, adquiriendo un conocimiento profundo a través de la construcción de su propio conocimiento. Además, el enfoque del ABP se basa en actividades de aprendizaje y tareas reales en la vida cotidiana, lo que proporciona desafíos para ser resueltos en grupos [3].

La implementación del ABP en los planes de estudios de ingeniería se ha convertido en una tendencia global, y se ha demostrado que es una herramienta efectiva para formar ingenieros capaces de enfrentar los desafíos de la industria actual. En resumen, la metodología ABP es una forma de aprendizaje que integra el conocimiento teórico con la aplicación práctica, lo que resulta en una experiencia educativa más rica y significativa para los estudiantes de ingeniería.

En las últimas décadas, ha existido un progreso en el área de la robótica social, la finalidad es que los robots sean compañeros personales inteligentes y puedan desempeñar sus roles asignados, al mismo tiempo se busca una interacción de manera atractiva. Pese a ello aún existen brechas significativas en la interacción social humano-robot. El caso más significativo se da en las interacciones sociales, que son instancias en que las personas pueden darse la mano, dar una palmadita en la espalda como señal de felicitación y chocar las manos [4].

Las habilidades sociales e interactivas de los robots son necesarias para mantener una correcta interacción social y colaborar con otros robots o humanos. Ros propone un robot tutor de baile que brinde servicios sociales de interacción con los niños en una actividad de baile. Otras aplicaciones pueden ser robots de asistencia social, los cuales son para involucrar a personas mayores en el ejercicio físico [5].

Se ha observado que los robots ya no están completamente en los laboratorios, han empezado a ubicarse en calles de ciudades, museos, centros comerciales. Esto ha significado que ahora forman parte del entorno social, su tarea adicional es la de brindar una interacción con personas en circunstancias reales. Laplaza y Hernández presentaron el robot IVO, el cual buscó aumentar la naturalidad con la que cualquier humano interactúa. IVO planteó desafíos de interacción y colaboración humano-robot. Para que se pusieran a prueba los enfoques de interacción, existieron modificaciones del aspecto físico del robot para poder así generar una colaboración socialmente aceptada. El diseño de un brazo fue importante para la manipulación de tareas de destreza. Además, se brindó al robot de un altavoz, con el que expresó lenguaje de forma natural, y una pantalla táctil en el torso a través de la cual mantuviera una comunicación basada en lo visual [6].

Farhan y Biswas, presentaron a BONGO, un robot social que puede entender bengalí e inglés además de hablar con personas y dar la reacción adecuada a cualquier tipo de solicitud [7].

A diferencia de otros dispositivos, los robots sociales han sido concebidos específicamente para interactuar con el mundo que los rodea. Actualmente se están usando para darle tratamiento a niños con Trastornos del Espectro Autista (TEA), ya que estos presentan un alto interés hacia sistemas robóticos. La forma en que los ayudan es mediante comunicación, interacción, reconocimiento de emociones y desarrollar competencias sociales [8].

El manejo de brazos robóticos es un reto importante debido a la amplia variedad de usos y áreas en las que se requieren. Para abordar esta dificultad, se creó Reachy, un brazo robótico que imita la escala y características de un brazo humano. Además, puede ser personalizado para su integración en diversas aplicaciones. En el ámbito de la investigación, Reachy ha colaborado en el desarrollo de sistemas de control innovadores [9].

La tecnología sigue avanzando rápidamente en términos de aspectos técnicos para cumplir con las demandas de la actual revolución industrial, y la robótica se está utilizando cada vez más en la industria para realizar tareas repetitivas y sencillas como soldadura, ensamblaje, pintura y embalaje. Los brazos robóticos están formados por articulaciones y motores controlados por microcontroladores a través de programas y tienen un efector final que funciona como una mano humana para recoger objetos [10].

Oliveira y Resende elaboraron el diseño de un sistema como herramienta educativa que permite el control de un robot manipulador mediante un guante sensorial y una manga para el brazo. El manipulador robótico consta de un brazo y una mano robóticos con un total de 10 grados de libertad, utilizando diez servomotores como actuadores. El diseño optimizado del sistema propuesto puede tener aplicaciones en la manipulación de objetos en condiciones peligrosas [11].

El trabajo de Villaverde aborda problemas de diseño y construcción de un brazo robótico de laboratorio educativo. Para ello el análisis de rendimiento del brazo robótico se realizó utilizando Matlab/Simulink/SimMechanics. El conocimiento obtenido fue la base para desarrollar algoritmos apropiados para el análisis cinemático del brazo robótico. El brazo robótico desarrollado es una herramienta conveniente para el aprendizaje de la robótica en cualquier laboratorio técnico universitario adecuado, y cuenta con seis grados de libertad, correspondiendo tres grados al brazo robótico y el resto a la pinza [12].

Los robots humanoides han sido un tema de investigación de vanguardia en el campo de la robótica. Con el desarrollo de las necesidades sociales, ciencia y tecnología, los robots de servicio han sido más humanizados y comercializados. Los robots humanoides tienen aplicaciones en medicina, salud, educación. Es por ello que la exigencia en su diseño debe cumplir con necesidades específicas [13].

Este proyecto tuvo como objetivo desarrollar un prototipo de brazo robótico para A.M.U.G.Y. 1.0. El cuál debía ser adaptable y capaz de realizar funciones de interacción humano-robot. Como herramienta de apoyo se utilizó la metodología ABP, la cual permitió en los estudiantes comprender el desafío, tener una secuencia ordenada de actividades, estimular su creatividad mediante la propuesta y aplicación de diversas soluciones, técnicas, metodologías teórico-prácticas y obtener aprendizajes significativos. Este brazo es parte de un conjunto de tesis, que se irán desarrollando para obtener el cuerpo de A.M.U.G.Y. 1.0. Este proyecto se llevó cabo dentro del Laboratorio de Sistemas Robóticos (SIRO) de la Facultad de Ciencias de Computación (FCC) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).

2 Metodología

Para lograr el objetivo de desarrollar el prototipo de brazo robótico, se llevaron a cabo nueve puntos basados en ABP que se describen a continuación:

1. Punto de partida

Se expuso a los diez alumnos el problema de desarrollar la primera versión del brazo robótico para A.M.U.G.Y. 1.0. El cuál debía ser adaptable, con forma humanoide y capacidades de interacción humano-robot. La pregunta detonante fue: ¿Cómo desarrollar un brazo robótico?

2. Formación de equipos colaborativos

Se formaron dos equipos de cinco integrantes de forma aleatoria.

3. Definición del reto

Se expusieron las características a cumplir del robot y los objetivos de aprendizaje.

4. Organización y planificación

Asignación del rol para cada uno de los integrantes del equipo, definición de tareas y tiempos.

5. Búsqueda y recopilación de información

Recuperación, actualización y búsqueda de conocimientos previos.

6. Análisis y síntesis

Puesta en común, compartir información, contraste de ideas, debate, resolución de problemas y toma de decisiones.

7. Producción

Aplicación de nuevos conocimientos, puesta en práctica de las competencias básicas, desarrollo e implementación del brazo.

8. Presentación del proyecto

Preparación de la presentación, exposición ante compañeros y retroalimentación.

9. Respuesta colectiva a la pregunta detonante

Reflexión sobre la experiencia obtenida.

3 Resultados

1. Punto de partida

Se obtuvieron diferentes respuestas a la pregunta detonante, lo que permitió comprender el problema y generó inquietud por investigar acerca de las técnicas de diseño, funciones, metodologías, materiales y tiempos de entrega.

2. Formación de equipos colaborativos

En este proceso se identificaron reacciones de incertidumbre, aprobación y desaprobación cada que se integraba un nuevo miembro a los equipos.

3. Definición del reto

El brazo debe medir 35 cm de largo, espesor de 7 cm, formado de dos eslabones y una pinza; forma tubular, material maleable, ligero y resistente. Para cumplir con estas características se identificó la necesidad de obtener conocimientos en robótica social, características de humanoides, técnicas teórico-prácticas para diseño estructural y lógico de robots. Además del desarrollo de habilidades para trabajar en equipo, comunicación asertiva, construcción de conocimiento y aprendizaje significativo.

4. Organización y planificación

Se asignaron roles (líder, diseñador, armador, programador y constructor) y definición de tareas para cada integrante de los equipos. Se realizó el cronograma de actividades para las etapas (generación de idea, diseño, construcción, armado, experimentación y conclusiones) y tiempos de entrega a fin de mes.

5. Búsqueda y recopilación de información

Se recurrió principalmente a medios electrónicos (plataformas institucionales, bases de datos, diapositivas de cursos, etc.) para recordar conceptos teóricos aprendidos en cursos de formación básica, se actualizaron conocimientos sobre la robótica social y se obtuvieron conocimientos nuevos sobre análisis cinemáticos, grados de libertad, mecanismos, software CAD, motores de DC, sistemas empotrados y máquinas de estados finitos.

6. Análisis y síntesis

Se examinó cada una de las etapas, donde se desarrollaron habilidades de comunicación diversas para estandarizar-contrastar ideas, conocimientos y acciones a seguir. Se plantearon, buscaron y propusieron soluciones a diversos problemas que surgieron en cada etapa. Al final estos procesos permitieron tomar decisiones y alcanzar el objetivo de las etapas.

7. Producción

Para realizar físicamente las piezas del brazo se aprendió sobre software CAD, su uso y procesos de impresión 3D. Se ensamblaron las piezas, finalmente se adaptaron y programaron servomotores para brindar movimientos al brazo.

8. Presentación del proyecto

Cada equipo expuso en una sesión los resultados obtenidos en cada etapa del desarrollo, el funcionamiento del brazo robótico, y hablaron sobre su experiencia al participar en el desarrollo de este proyecto. Como evidencia se muestra del trabajo realizado en el software SolidWorks en la Figura 1.



Figura 1. Diseño final del prototipo de brazo robótico para robot A.M.U.G.Y. 1.0.

9. Respuesta colectiva a la pregunta detonante

La respuesta se dio desde la perspectiva técnico-científica y el desarrollo de habilidades. Se vincularon conocimientos matemáticos en el diseño de la cinemática directa e inversa del brazo, tecnologías CAD, algoritmos de programación y el área de hardware, cuyos conocimientos permitieron hacer posible desarrollar el prototipo. En el desarrollo de habilidades la creatividad se dio de forma natural en cada uno de los retos que se presentaron, la búsqueda y aplicación de conocimientos fortalecieron las habilidades de innovación, comunicación, toma de decisiones y trabajo en equipo que fortalecen el perfil de egreso de un profesional en el área de ingeniería

4 Conclusiones

En base a los resultados se concluye que la metodología ABP es una herramienta que permite organizar, planificar y retroalimentar el proceso del desarrollo de un proyecto, en este caso particular, una tesis, para la obtención del grado académico Licenciado en Ingeniería en Ciencias de la Computación, de la FCC BUAP.

Con el desarrollo del proyecto del brazo robótico se logró impulsar la creatividad, vincular y aplicar conceptos técnicos-científicos, desde su teoría hasta su aplicación en un proyecto real, se utilizaron tecnologías de la información para actualizar, consultar y construir conocimientos. Mediante la observación y la exposición de cada una de las etapas de desarrollo se corroboró el fortalecimiento de habilidades de comunicación-negociación, pensamiento creativo, capacidad de trabajar en equipo, adaptabilidad, habilidades de innovación, y toma de decisiones [4].

Se propone seguir utilizando el ABP como metodología de trabajo para la obtención de grado de los tesisistas que están desarrollando las otras partes del robot social A.M.U.G.Y. 1.0. Se realizarán estudios sobre la eficiencia de la metodología en grupos numerosos y de manera individual.

Agradecimientos.

Agradecemos a los profesores y alumnos que participaron en este proyecto, así como a la Facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Referencias

- [1] P. A. Sanger y J. Ziyatdinova, "Project based learning: Real world experiential projects creating the 21st century engineer", 2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL), Dubai, United Arab Emirates, 2014, pp. 541-544, doi: 10.1109/ICL.2014.7017830.
- [2] Joko, A. B. Santoso y P. D. Widayaka, "The Effect of Learning Readiness and Prerequisite Courses on Project-Based Learning on Student Competencies in Working on Electrical Machine Repair Projects in The Post Covid-19 Transition Period", 2022 Fifth International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE), Surabaya, Indonesia, 2022, pp. 211-215, doi: 10.1109/ICVEE57061.2022.9930406.
- [3] Bedregal-Alpaca, V. C.-A. S. F.-S. (2020). "El uso de la metodología de aprendizaje basado en proyectos ABP en la carrera profesional de ingenierías de sistemas", RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, 202, Vol. 25, pp. 436–453.
- [4] S. S. Ge et al., "Design and development of Nancy, a social robot", 2011 8th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), Incheon, Korea (South), 2011, pp. 568-573, doi: 10.1109/URAI.2011.6145884.
- [5] C. Park, J. Kim y J. -H. Kang, "Robot social skills for enhancing social interaction in physical training", 2016 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Christchurch, New Zealand, 2016, pp. 493-494, doi: 10.1109/HRI.2016.7451822.
- [6] J. Laplaza et al., "IVO Robot: A New Social Robot for Human-Robot Collaboration", 2022 17th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Sapporo, Japan, 2022, pp. 860-864, doi: 10.1109/HRI53351.2022.9889458.
- [7] A. S. M. Ahsanul Sarkar Akib, M. Farhan Ferdous, M. Biswas y H. M. Khondokar, "Artificial Intelligence Humanoid BONGO Robot in Bangladesh", 2019 1st International Conference on Advances in Science, Engineering and Robotics Technology (ICASERT), Dhaka, Bangladesh, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICASERT.2019.8934748.
- [8] Pinel, V., Rendón L. A., & Adrover-Roig, D. "Los robots sociales como promotores de la comunicación en los Trastornos del Espectro Autista (TEA).", Letras De Hoje, Vol. 53 No.1, 2018, pp. 39–47. <https://doi.org/10.15448/1984-7726.2018.1.28920>
- [9] Sébastien Mick, M. L.-P.-Y. "Reachy, a 3D-Printed Human-Like Robotic Arm as a Testbed for Human-Robot Control Strategies", Frontiers in Neurorobotics, Vol. 13 No. 65, pp. 1-12. doi:10.3389/fnbot.2019.00065
- [10] S. Rooban, I. J. S, R. Manimegalai, I. V. S. Eshwar and R. U. Mageswari, "Simulation of Pick and Place Robotic Arm using Coppeliassim" 2022 6th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), Erode, India, 2022, pp. 600-606, doi: 10.1109/ICCMC53470.2022.9754013.
- [11] R. Oliveira, R. Resende, F. Soares, A. Calado y P. Leite, "Mimicking Human Movement with Robots: Control of an Anthropomorphic Robotic Arm using a Glove-Based System as an Educational Tool", 2019 6th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT), Paris, France, 2019, pp. 79-84, doi: 10.1109/CoDIT.2019.8820516.
- [12] P. Krasňanský, F. Tóth, V. V. Huertas y B. Rohal'-Ilkiv, "Basic laboratory experiments with an educational robotic arm", 2013 International Conference on Process Control (PC), Strbske Pleso, Slovakia, 2013, pp. 510-515, doi: 10.1109/PC.2013.6581462.
- [13] B. LIAO et al., "System Design and Experiment of Bionics Robotic Arm with Humanoid Characteristics", 2018 WRC Symposium on Advanced Robotics and Automation (WRC SARA), Beijing, China, 2018, pp. 90-95, doi: 10.1109/WRC-SARA.2018.8584199.