

# **ROBOT DE DOS GRADOS DE LIBERTAR COMO UNA PLATAFORMA EDUCATIVA PARA ROBÓTICA**

## *A 2-DOF ROBOT AS AN EDUCATIONAL PLATFORM FOR ROBOTICS*

***Diana G. Gámez Alvarado***

Tecnológico Nacional de México en Celaya  
*14031712@itcelaya.edu.mx*

***Ivonne J. Rico Rodríguez***

Tecnológico Nacional de México en Celaya  
*14031734@itcelaya.edu.mx*

***Mauro Santoyo Mora***

Tecnológico Nacional de México en Celaya  
*mauro.santoyo@itcelaya.edu.mx*

***Juan José Martínez Nolasco***

Tecnológico Nacional de México en Celaya  
*juan.martinez@itcelaya.edu.mx*

### **Resumen**

En este trabajo se presenta el inicio del desarrollo de una plataforma de apoyo educativo para la materia de robótica. La plataforma presentada está basada en LabVIEW y cuenta con un robot planar de 2 grados de libertad, construido con actuadores Dynamixel, los cuales son parte de un kit de robótica de Robotis. El objetivo de la plataforma desarrollada es ofrecer al docente un apoyo didáctico en áreas temáticas de la robótica, tales como el cálculo e implementación de la cinemática directa e inversa, planeación de trayectorias y control, en un esfuerzo por motivar al estudiante con un resultado práctico de la teoría revisada en la clase.

**Palabra(s) Clave:** LabVIEW, robótica educativa, robot planar.

### **Abstract**

*This work presents the beginning of an educational platform for the robotics subject. The presented platform is based in a 2-dof robot controlled with LabVIEW;*

*the 2-dof robot is built with Dynamixel actuators, which are part from a robotics kit of Robotis. The goal of the developed platform is to offer an educational support in the topics reviewed as part of the robotics subject such as direct and inverse kinematics, planning of trajectories and control, this as an effort to encourage the students with a direct application of the reviewed topics during a robotics' class.*

**Keywords:** *2 dof robot, educational robotics, LabVIEW.*

## **1. Introducción**

El uso de la robótica puede contribuir a la educación de diversas maneras, tal como comenta Ya-Wen et. al. (Cheng, Sun, & Chen, 2018):

- Primera, los robots tienen características útiles que los hacen prácticos en la enseñanza cuando se empatan con los objetivos de enseñanza tales como la precisión en la repetición de tareas, flexibilidad, la facilidad de presentar información digital, interacción y la posibilidad de asemejar movimientos corporales.
- Segunda, los robots pueden facilitar el aprendizaje. Usualmente el uso de robots ofrece a los estudiantes actividades divertidas y experiencias que los ponen manos a la obra, lo que puede ayudar a crear un ambiente de aprendizaje atractivo e interactivo donde se fortalezca el compromiso del estudiante.
- Tercera, los robots soportan el desarrollo de las habilidades personales del siglo XXI. Estas habilidades que requieren las personas están divididas en tres categorías: fundamentales, competencias y cualidades del carácter. Dentro de éstas se incluyen la alfabetización aritmética, científica, cívica, cultural y en tecnologías de la información y la comunicación, además de conocimientos financieros, siendo todas ellas de vital importancia en el ámbito laboral de un futuro cercano (Soffel, 2016). Para la adquisición de estas habilidades personales se presenta una alternativa definida como STEM (Science, Technology, Engineering and Math, por sus siglas en inglés), que típicamente se refleja en un proyecto elaborado en equipo. Los estudiantes tienen oportunidad de comunicarse y colaborar con semejantes.

Algunas plataformas, además de usarse como apoyo para la enseñanza de alguna materia, también se utilizan para llevar a cabo investigaciones de otras áreas.

En el área universitaria, Muñoz et. al. presenta en (Muñoz, Andrade, & Londoño Ospina, 2006) el diseño de hardware y software de una plataforma robótica móvil, llamada *Giraa\_02*, útil para realizar labores de enseñanza e investigación en algoritmos de control para vehículos autónomos o tele-operados.

El robot móvil cuenta con un microcontrolador MC9S12 de 16 bits como unidad de procesamiento de información que le es transmitida de forma serial, posee sensores de luz infrarroja, de ultrasonido, de iluminación y codificadores de posición; además, cuenta con puertos libres para futuras expansiones y un sistema de comunicación inalámbrica.

Muñoz et. al. enfoca el uso de esta plataforma para la enseñanza e investigación de temas referentes a la robótica móvil y sistemas robotizados en entornos estructurados estáticos y dinámicos, como, por ejemplo, el desarrollo y validación de algoritmos de navegación y control de robots.

El uso de la robótica no sólo comprende el área técnica, incluso podemos encontrarla en áreas del aprendizaje de idiomas, como es el proyecto "TIRO".

Dentro de este proyecto, Jeonghye et. al. (Han & Dongho, 2009) diseñaron y desarrollaron los servicios de r-Learning de un robot ayudante de enseñanza llamado TIRO, que puede ayudar a los profesores como un medio educativo en la clase y un compañero de escuela para los niños con el objetivo de fortalecer el aprendizaje del idioma inglés.

Dentro de las actividades que TIRO puede desarrollar se encuentran el despliegue de materiales de enseñanza, proveer los objetivos de aprendizaje de la lección, motivación de los estudiantes, entre otros. Con base a estas referencias con intenciones educativas, este trabajo mostrará una propuesta de plataforma educativa basada en LabVIEW como apoyo didáctico en la materia de robótica impartida a nivel licenciatura, con el objetivo de ofrecer al docente una herramienta didáctica en las temáticas cubiertas por el programa educativo como son: el cálculo e implementación de la cinemática directa e inversa, planeación de trayectorias y control.

## 2. Métodos

La plataforma desarrollada pretende controlar un brazo robótico planar de 2 grados de libertad (gdl) desde una computadora con LabVIEW. El brazo está constituido por dos motores Dynamixel AX-12A, además de piezas de un kit de robótica Bioloid, de manera que entre todos los elementos unidos se simulará una pinza controlada por dos actuadores rotativos. El brazo estará fijo a una base de madera de 30x60 cm, de tal modo que el centro del motor inferior esté unido al origen del sistema coordenado, el cual contiene divisiones de 1x1 cm que se extienden a lo largo de todo el espacio de trabajo y que servirá para visualizar con mayor claridad la posición del brazo, figura 1.

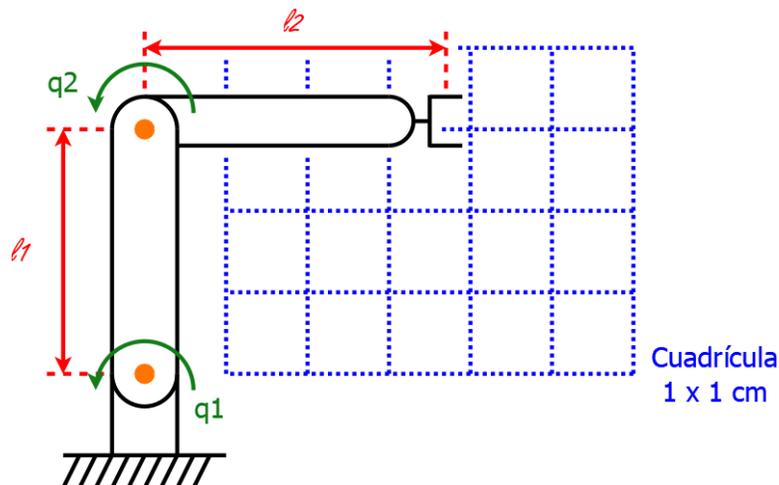


Figura 1 Brazo de 2 gdl para plataforma educativa.

Como parte de los temas a cubrir como apoyo didáctico se encuentran el desarrollo de la cinemática directa e inversa de un brazo articulado, por lo que el sistema debe ser capaz de obtener la posición en la que deberá estar el brazo en función de valores angulares dados u obtener los valores angulares de los motores para una posición dada, esto según las condiciones que el usuario requiera. Es decir, en el caso de la cinemática inversa será necesario introducir las coordenadas  $X$  y  $Y$  en el sistema coordenado para poder calcular  $\theta_1$  y  $\theta_2$ ; en el otro caso, en la cinemática directa los datos de entrada serán los ángulos que requiera el usuario. Una vez que se tengan todas las condiciones, el brazo

realizará los movimientos indicados, dicho desplazamiento y sus resultados numéricos podrán ser vistos en la interfaz de usuario, la cual está pensada para que muestre del lado derecho el movimiento del brazo, del otro lado las entradas y salidas; la base del diseño de la interfaz se muestra en la figura 2.

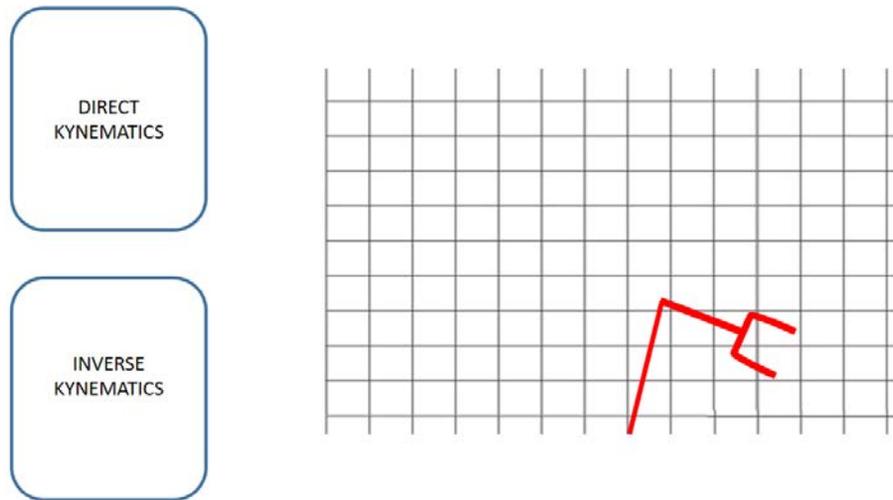


Figura 2 Propuesta de interfaz.

### **Actuadores Dynamixel**

El actuador de la serie Dynamixel es un actuador inteligente y modular que incorpora un reductor, un motor de DC de precisión y un circuito de control con funcionalidad de interconexión. Este actuador tiene la habilidad de detectar y actuar bajo condicionamientos internos, como son cambios en la temperatura interna o en el voltaje de alimentación. Las características del modelo AX-12A (ROBOTIS, 2006) son mostradas en la tabla 1; podemos destacar que este tipo de motores ofrecen una retroalimentación de posición, velocidad, torque, voltaje y temperatura, todo a través del protocolo de comunicación serial con que cuenta cada motor.

Un controlador principal se puede comunicar con los Dynamixel al enviar y recibir paquetes de datos. Existen dos tipos de paquetes: “de instrucción” (enviado del controlador al actuador) y “de estado” (enviado del Dynamixel al controlador), tal como se muestra en la figura 3. Básicamente, un paquete de instrucción contiene comandos a ejecutar por parte del actuador, mientras que un paquete de estado

es una respuesta a un paquete de instrucción por parte del actuador. El protocolo en que se basan estos paquetes es de comunicación serial asíncrona a 8 bits, con un bit de parada y sin paridad (ROBOTIS, Manual de usuario de Dynamixel AX-12, 2006).

Tabla 1 Características de AX-12A.

Característica	Valor
Ángulo de operación	0~300°
Voltaje	7~10 V
Corriente máxima	900 mA
Tipo de protocolo	Half-dúplex serial asíncrona (8 bits, 1 de parada, no paridad)
Velocidad de comunicación	7343 bps~1 Mbps

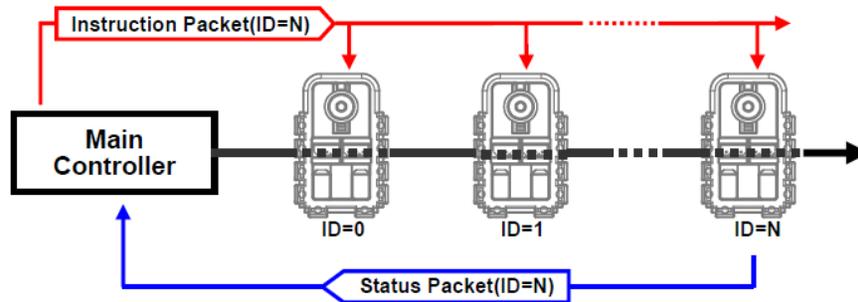


Figura 3 Cadena de comunicación con Dynamixel.

Existen diversas posibilidades de controladores para los Dynamixel que van desde los desarrollados por el propio fabricante, Robotis, hasta la oferta de una serie de librerías que permiten controlar los actuadores a través de distintas plataformas; para este proyecto es de interés la plataforma de LabVIEW, donde se pueden incorporar fácilmente cualquier número de actuadores Dynamixel en aplicaciones basadas en este software. La forma de enlazar las librerías de actuadores Dynamixel con LabVIEW viene descrito de forma completa en (ROBOTIS, LabVIEW Setting Environment, 2018).

### Análisis cinemático de brazo

Partiendo de la figura 1, el modelo cinemático directo de posición del robot planar de 2 gdl está dado por la ecuación 1.

$$\vec{P} = \vec{PA} + \vec{PB} \quad (1)$$

De donde la posición quedará definida por ecuación 2.

$$\vec{P} = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 \cos(\theta_1) + l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \\ l_1 \sin(\theta_1) + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Para el caso de la cinemática inversa de posición, podemos calcular los valores articulares  $\vec{\theta}$  aplicando las leyes de senos y cosenos; al resolver el triángulo OAB, lo que resultará en las ecuaciones 3 y 4 para  $\theta_1$  y  $\theta_2$  respectivamente.

$$\theta_1 = \alpha + \beta \quad (3)$$

$$\theta_2 = \gamma - 180^\circ \quad (4)$$

Dónde los valores de  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  se calculan a partir de las ecuaciones 5, 6 y 7.

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{py}{px}\right) \quad (5)$$

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{l_2 \text{ sen } \gamma}{|\vec{p}|}\right) \quad (6)$$

$$\gamma = \cos^{-1}\left(\frac{l_1^2 + l_2^2 - |\vec{p}|^2}{2l_1l_2}\right) \quad (7)$$

### 3. Resultados

Actualmente la plataforma cuenta con una propuesta de interfaz amigable con el usuario, ya que el proyecto será orientado a fines de enseñanza, lo que llevó a considerar importante facilitar a los estudiantes el uso del sistema, para fomentar en ellos el gusto por aprender. Como se puede ver en la figura 4, el entorno es muy visual e intuitivo, por lo que guiará a quienes lo usen a obtener resultados de manera sencilla. Cuenta con elementos visuales que simulan las partes del brazo, además se puede apreciar perfectamente dónde introducir cada dato adecuadamente para el análisis que se requiera, ya sea de cinemática directa o inversa. Estos datos permitirán al usuario ver en la plataforma virtual el desplazamiento del brazo y su contraparte en el esquema físico construido.

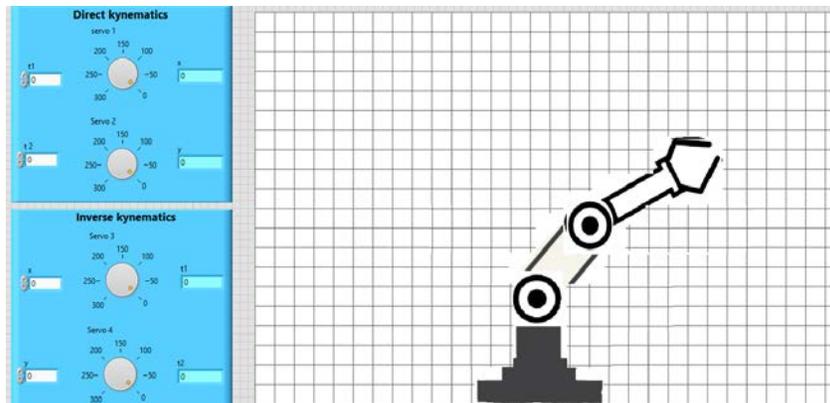


Figura 4 Interfaz de usuario en LabVIEW.

El ensamblaje del prototipo del brazo con los elementos indicados con anterioridad requirió de un acomodo estratégico para que no se entorpeciera el movimiento del brazo en el momento de llevar a cabo pruebas. Dicho ensamblaje se colocó en una base de madera, figura 5.



Figura 5 Prototipo.

#### 4. Discusión

Se han identificado varias plataformas educativas con diferentes propósitos y para distintos niveles educativos. Muñoz et. al. muestra una aplicación para robótica móvil, la cual tiene como propósito algoritmos de navegación en vehículos autónomos o tele-operados, que, a pesar de ser un área de la robótica, diverge de los temas que se buscan cubrir para la materia impartida en el Tecnológico Nacional de México en Celaya. La plataforma cubre por lo pronto parcialmente algunos de los temas que son estudiados en el temario de robótica, que son el

análisis de la cinemática directa e inversa de un robot serial. A pesar de que un robot de dos grados de libertad es muy simple para su estudio, se pretende dotar al estudiante del proceso que conlleva el diseño de un robot serial, es decir, que pueda identificar desde el impacto que tiene físicamente el utilizar algún tipo de articulación, hasta la relación del cálculo cinemático contra su implementación en la programación. Este trabajo continuará con una evaluación de su uso por estudiantes que cursan actualmente la materia, donde se busca que identifiquen qué tan sencillo es su uso, así como el grado de aprendizaje que adquieren al aterrizar la teoría vista en el salón de clase contra la implementación en un modelo físico real.

## **5. Bibliografía y Referencias**

- [1] Cheng, Y.-W., Sun, P.-C., & Chen, N.-S. (2018). The essential applications of educational robot: Requirement analysis from the perspectives of experts, researchers and instructors. *Computers & education* (126), 399-416.
- [2] Han, J., & Dongho, K. (2009). r-Learning services for elementary school students with a teaching assistant robot. (IEEE, Ed.) *IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, 255-256.
- [3] Muñoz, N. D., Andrade, C. A., & Londoño Ospina, N. (2006). Diseño y construcción de un robot móvil orientado a la enseñanza e investigación. *Ingeniería y desarrollo* (19), 114-127.
- [4] ROBOTIS. (14 de junio de 2006). Manual de usuario de Dynamixel AX-12. [http://support.robotis.com/en/product/actuator/dynamixel/ax\\_series/dxl\\_ax\\_a ctuator.htm](http://support.robotis.com/en/product/actuator/dynamixel/ax_series/dxl_ax_a ctuator.htm).
- [5] ROBOTIS. (2018). LabVIEW Setting Environment. Recuperado el marzo de 2018, de E-Manual ROBOTIS: [http://emanual.robotis.com/docs/en/software/dynamixel/dynamixel\\_sdk/library\\_setup/labview\\_windows/](http://emanual.robotis.com/docs/en/software/dynamixel/dynamixel_sdk/library_setup/labview_windows/)
- [6] Soffel, J. (16 de septiembre de 2016). ¿Cuáles son las habilidades que todos los estudiantes necesitan para el 2020? Foro Económico Mundial (WEF): <https://es.weforum.org/agenda/2016/09/cuales-son-las-habilidades-del-siglo-21-que-todos-los-estudiantes-necesitan>.