

# MODIFICACIÓN DE LA MARCHA E IMPLEMENTACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ROBOTS HUMANOIDES DARWIN-OP CON ENFOQUE A LA COMPETENCIA DE ROBÓTICA TRYTA 2023

José Adrián Chávez Olvera, Dra. Yesenia Eleonor González Navarro, M. en C. Paola Nayeli Cortez Herrera  
Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas-IPN  
*jchavez01603@alumno.ipn.mx, ygonzalezn@ipn.mx, pcortez@ipn.mx*

Chávez, J., González, Y. & Cortez, P. (1 de noviembre de 2023). Modificación de la marcha e implementación de visión artificial para robots humanoides DARWIN-OP con enfoque a la competencia de robótica TRYTA 2023. Boletín UPIITA. 18 (99).

## Resumen

En este documento se describen los retos de la categoría Humanoides del Torneo de Robótica y Tecnologías Avanzadas TRYTA 2023, y la implementación de algoritmos de locomoción y de visión artificial en la plataforma robótica DARwIn-OP.

**Palabras Clave:** TRYTA, robots humanoides, reconocimiento de objetos, modificación de la marcha, DARwIn-OP.

## 1. Introducción

El Torneo de Robótica y Tecnologías Avanzadas (TRYTA 2023) tuvo lugar en Durango, México, en el mes de abril de 2023, donde se realizaron competencias de distintas categorías. Esta competencia tiene como objetivo difundir y contribuir con el crecimiento, desarrollo e innovación de robótica en México. Cada categoría cuenta con un reglamento, que define el tipo de robot a usar, posición y tipo de sensores, dimensiones, ambiente de juego, reglas del juego.

Este tipo de competencias pueden dar pie a otras oportunidades de competencia a nivel internacional, véase ROBOCHALLENGE [1] que se realiza en Rumania y el cual cuenta con categorías similares a las de TRYTA. La categoría de interés para este documento es la de Robots Humanoides [2], donde se participó con una plataforma robótica DARwIn-OP.

La categoría de robots humanoides tiene dos retos por cumplir. Uno de los retos consiste en que el robot debe desplazarse dentro de un laberinto con obstáculos de un punto A hacia un punto B en el menor tiempo posible, por lo que es relevante implementar distintos algoritmos de visión artificial para la evasión de obstáculos y trazado de ruta.

Otro de los retos consiste en hacer que el robot humanoide suba escalones de manera autónoma, en el menor tiempo posible y sin caerse, esto puede involucrar el estudio del cuerpo humano para que el robot pueda asemejarse en el movimiento de subir escaleras.

Este trabajo describe a la plataforma DARwIn-OP, el proceso de modificación de marcha y la implementación de distintos algoritmos de visión artificial para los dos retos que se realizaron en la competencia TRYTA 2023 como parte del trabajo realizado por la Beca de Estimulo Institucional de Formación de Investigadores.

### 1.1 Plataforma DARwIn-OP

La plataforma DARwIn-OP es un sistema embebido que cuenta con Linux como su sistema operativo, así como su forma de programar se basa en el lenguaje de programación C++. Además de cuenta con 20 servomotores capaces de moverse con precisión simulando el movimiento humano. Todo en conjunto lo vuelven un reto de aprendizaje donde mezcla programación, electrónica y el área de Biónica.

De esa manera, permite resolver diferentes retos o problemas como, por ejemplo, resolver tareas como caminata con evasión de obstáculos, subir escaleras, identificar objetos, tomar decisiones a partir de ellos, crear programas capaces de imitar el movimiento humano ya sea bailando o realizar movimientos complejos. Todo esto con el propósito de poder concursar de manera nacional e internacional en diferentes competiciones de robots humanoides.

## 1.2 Reto 1: Subir escaleras de manera controlada

En este reto, el objetivo es realizar una secuencia controlada para subir escaleras en el menor tiempo y con la mayor estabilidad posible. Para lograrlo, se estudió la forma en que una persona sube las escaleras, dándole enfoque a qué zonas del cuerpo requieren más equilibrio. La Figura 1 muestra un ejemplo de qué partes del cuerpo se utilizan para realizar este movimiento.



Figura 1 Análisis de la biomecánica del movimiento para subir escaleras. [3].

Durante la marcha, el primer paso en el movimiento de subir escaleras implica que el peso corporal inicialmente se centra en el pie. Una vez que se ha asumido el peso corporal y se ha logrado mantener el equilibrio, se produce una intensa contracción concéntrica de los músculos extensores de la cadera y la rodilla, con el propósito de extender la pierna que avanza y elevar el cuerpo para dar el siguiente paso.

Después de esto, el cuádriceps genera una fuerza considerable cuando la rodilla se encuentra en una flexión de 60 grados. Los abductores evitan que la pelvis se incline hacia el lado que no está apoyado y orientan el tronco hacia la pierna apoyada. Una vez que el peso corporal está completamente transferido, el centro de gravedad se eleva y se produce una contracción isométrica en el cuádriceps [4].

Una vez estudiado el movimiento, se crea la secuencia de movimientos en el software Action Editor que se encuentra dentro de la plataforma DARwIn-OP y con la cual se tiene acceso de manera precisa a los servomotores permitiéndonos modificar el torque y el ángulo de torsión creando la secuencia de marcha intentando replicar el de una persona como se puede ver en la Figura 2.



Figura 2 Implementación de marcha de escaleras en robot humanoide.

### 1.3 Reto 2: Evasión de obstáculos

En este reto, el objetivo es completar un circuito en el menor tiempo de manera autónoma y evadiendo una serie de obstáculos sin caerse en ningún momento. Para lograrlo, se aplicaron algoritmos de visión artificial en las imágenes obtenidas por la cámara con que cuenta DARwIn-OP. Las imágenes que se obtienen están en el formato de color HSV, que permite cambiar entre los distintos colores para así modificar la visión artificial. Este usa un método de procesamiento de imágenes conocido como momentos invariantes de Hu [5] para poder identificar los objetos, como lo muestra en la Figura 3.



Figura 3 Reconocimiento de objetos con el que cuenta el robot humanoide DARwIn-OP.

Los 7 momentos invariantes de Hu o también conocidos como momentos de imagen, son valores obtenidos a partir de los valores de los píxeles resultantes de una binarización, lo que significa que la imagen está solamente en dos tonos, blanco y negro. El rango en el que decidimos clasificarlo varía dependiendo de la

imagen, se toman fragmentos de imagen que contengan al carácter que deseamos analizar, se analiza pixel por pixel y con ayuda de fórmulas matemáticas se obtienen 7 valores distintos, los cuales dependiendo el valor exacto de cada uno de ellos podremos determinar si se trata de un número, una letra o una figura.

Para obtener los momentos invariantes de Hu, primero se deben obtener los momentos geométricos discretos de la imagen, implementando la Ecuación 1.

$$M_{ij} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x^i y^j (x, y) \quad (1)$$

La Ecuación 1 es una sumatoria la cual involucra los valores de la posición de cada pixel en  $x$  y en  $y$ , la  $p$  y la  $q$  tendrán valores independientes los cuales determinarán el grado al que se estarán elevando. A partir de esto, se obtienen los momentos geométricos discretos de la imagen y a su vez el objeto que se desea identificar [6].

Una vez identificado dentro de la imagen el color seleccionado, se implementó una etapa de segmentación para poder identificar la intensidad y lo cercano que se encuentra el objeto y se reconozca el entorno en el que se encuentra, de esta manera, se pueden programar las rutinas. Una vez establecidos los parámetros del algoritmo, se implementa y se realizan pruebas para determinar la exactitud y la velocidad de respuesta.

El escenario consta de dos obstáculos cuadrados intercalados entre sí, como lo muestra la Figura 4, donde el robot humanoide tiene que recorrerlo en el menor tiempo posible.



Figura 4 Escenario del reto 2 de evasión de obstáculos TRYTA 2023.

## 1.4 Resultados

En los dos retos el robot logró un desempeño estable con tiempos adecuados, por lo que se logró obtener el primer lugar dentro de la categoría Robots humanoides. Esto nos permitió obtener la certificación para poder participar en la competencia internacional ROBOCHALLENGE RO a realizarse en Bucharest, Rumania.

## 2. Conclusiones

Este proyecto, involucra muchas áreas de estudio como lo son, anatomía, biomecánica, inteligencia artificial, procesamiento de imágenes, electrónica, entre otras. Hasta ahora los resultados son prometedores y se espera optimizar tiempos de ejecución. Gracias a un trabajo interdisciplinario y el apoyo de las y los profesores, se obtuvieron los aprendizajes esperados.

Se extiende un agradecimiento a la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN por el apoyo recibido

para el desarrollo del proyecto de investigación 20231572.

## Referencias

1. s.a. (20 de septiembre, 2023). ROBOCHALLENGE RO 2023 Recuperado de: <https://robochallenge.ro/regulation/humanoid-robot>
2. s.a. (20 de septiembre, 2023). [2] TRYTA 2019 Recuperado de: <https://www.tryta.ipn.mx/>
3. Andrew S. Merryweather, Mitja Trkov, Kelton K. Gubler (s.a.). Chapter 29 - Surface transitions and stair climbing and descent [Figura 1].
4. McFadyen BJ, Winter DA. (1988). An integrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent. J Bio-mech. 1988;21(9):733-44. doi: 10.1016/0021-9290(88)90282-5. PMID: 3182877.
5. Emanual (20 de septiembre, 2023). Robotis Recuperado de: [https://emannual.robotis.com/docs/en/platform/op/getting\\_started/](https://emannual.robotis.com/docs/en/platform/op/getting_started/).
6. Mei Wang, Wen-Yuan Chen, Xiang Dan Li. (2016). Hand gesture recognition using valley circle feature and Hu's moments technique for robot movement control. Measurement. Volume 94, 2016, Pages 734-744, ISSN 0263-2241.