



## Implementación de un brazo robótico con tratamiento digital de imágenes

### *Implementation of a robotic arm with digital image processing*

#### **Diego Andrés Vera Mujica**

Estudiante de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad de Pamplona sede Villa del Rosario, diego.vera@unipamplona.edu.co, Cúcuta-Colombia.

#### **Nelson Enrique Contreras Reyes**

Estudiante de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad de Pamplona sede Villa del Rosario, contreras90nelson@hotmail.com, Cúcuta-Colombia.

#### **Jair Elías Araujo Vargas**

Ingeniero en Mecatrónica, Universidad de Pamplona sede Villa del Rosario, jair.araujo@unipamplona.edu.co, Cúcuta-Colombia.

Recibido: 20 feb 2016

Aceptado: 9 may 2016

Forma de citar: Vera, D.A., Contreras, N.E. y Araujo, J.E. (2016). Implementación de un brazo robótico con tratamiento digital de imágenes. *Mundo Fesc*, 12, 20 - 25.

## Resumen

En el presente artículo se describe la implementación de un brazo robótico, equipado con tratamiento digital de imágenes, cuyo objetivo es determinar y realizar la jugada de dominó posible en un escenario determinado. Se describe la construcción física del manipulador robótico, el algoritmo de tratamiento digital de imágenes y, por último, se describe la aplicación elegida para llevar a cabo el experimento. En un primer momento se generan las cinemáticas directa e inversa correspondientes al brazo robótico. Seguidamente se genera un algoritmo capaz de mover el manipulador de un punto a otro siguiendo una trayectoria eje a eje, haciendo uso de la cinemática inversa para el posicionamiento espacial del brazo robótico. En un tercer momento se genera un algoritmo de tratamiento digital de imágenes que reconozca las fichas de dominó presentes en el escenario y separe los patrones de cada una de las fichas. Por último, el algoritmo determina la posición del patrón correspondiente a la jugada adecuada y, haciendo uso del algoritmo de posicionamiento, el manipulador mueve la ficha desde su posición inicial hasta el lugar correspondiente a la jugada. Se presentan, además, datos estadísticos acerca de los resultados obtenidos en las diferentes pruebas del sistema, siendo estos resultados positivos en su mayoría.

**Palabras clave:** Brazo robótico, Implementación, Manipulador robótico, Tratamiento digital de imágenes.

## Abstract

In this paper we describe the implementation of a robotic arm, equipped with digital images treatment. We describe the physic construction of the robotic manipulator, the digital images treatment algorithm and, at the end; we describe the application we choose for the experiment. In a first step we generate inverse and forward kinematics of the robotic arm. Following we generate an algorithm able to move the robotic manipulator from a spot to another following an axis to axis trajectory, using inverse kinematics to achieve the space positioning of the robotic arm. In a third moment we generate and algorithm of digital image processing that recognize the dominoes present in the scenario and divide the patterns of every dominoes. At the end, the algorithm determines the position of the pattern corresponding to the right move and, using the positioning algorithm, the manipulator moves the dominoes from the initial position to the right place corresponding to the move. Also present, statistic data about the results achieved in the different tests of the system, being these results positives the most.

**Keywords:** Robotic Arm, Implementation, Robotic Manipulator, Digital Images Processing.

## 1. Introducción

Los avances en la robótica industrial y en las técnicas de procesamiento digital de imágenes han abierto un amplio campo de aplicaciones. Por medio del uso de técnicas de visión o de tratamiento digital de imágenes, es posible explorar una amplia gama de tareas, que de otra forma no sería posible llevar a cabo con un manipulador robótico [4][5].

Dentro de las tareas anteriormente mencionadas se encuentran, por ejemplo, la clasificación de piezas, donde se establecen características que son reconocidas y procesadas por los sistemas digitales del manipulador.

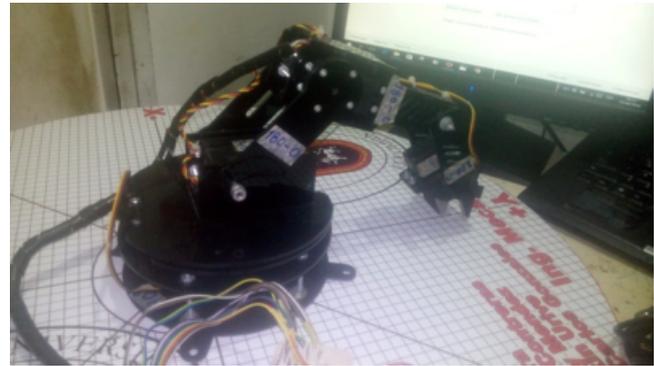
## 2. Estructura mecánica del manipulador

El manipulador utilizado en este experimento es un manipulador de 5 grados de libertad, con todas sus articulaciones rotacionales, del cual se poseen algoritmos computacionales que controlan la cinemática directa e inversa del mismo [1]. El accionamiento es llevado a cabo por servomotores de 5 VDC; un servomotor por grado de libertad. El manipulador, en su extremo, cuenta con una pinza de agarre, accionada por un servomotor adicional. En la figura 1 se muestra el brazo utilizado en el experimento.

Las piezas que conforman los eslabones del manipulador son de acrílico de 3 mm de espesor, cortadas a partir de una única pieza y unidas a través de pernos.

Se utiliza una tarjeta Arduino UNO como interfaz entre el PC que controla el manipulador y el manipulador mismo, conectada a través de un puerto USB.

Todos los algoritmos de control del manipulador robótico, a saber, cinemática directa, cinemática inversa, algoritmo de tratamiento digital de imágenes y generador de trayectorias están programados en el lenguaje de programación MATLAB, de la empresa MATHWORKS.



*Figura 1. Manipulador robótico utilizado en el experimento*

Fuente: Propia.

## 3. Dimensiones del manipulador

El manipulador robótico del experimento tiene un largo total de 41 cm. Esto, junto con las dos primeras articulaciones rotacionales le permiten tener un volumen de trabajo semi esférico de 41 cm de radio.

El primer eslabón tiene una longitud de 7 cm. El segundo eslabón tiene 10 cm de longitud. El tercer eslabón tiene 12 cm de longitud y el cuarto eslabón tiene 12.5 cm de longitud.

## 4. Aplicación de tratamiento digital de imágenes

Para el tratamiento digital de imágenes se propuso como tarea el reconocimiento de patrones de un grupo pequeño de fichas de dominó y la posterior manipulación de las mismas por parte del brazo robótico para realizar, de existir, la jugada posible. No se contempla el caso de que haya más de una jugada posible. Si no hay una jugada posible, el manipulador no ejecutará ningún movimiento.

Las imágenes de las fichas de dominó se adquirirán por medio de una cámara USB.

En la figura 2 se muestra una representación gráfica de la aplicación elegida.

En el caso presentado en la figura 2, el sistema debe reconocer los patrones de la ficha principal, luego reconocer los patrones de las de-

más fichas, y decidir si existe una jugada [3]. En el caso del ejemplo anterior, la jugada es: ficha 2 por la derecha. El manipulador, entonces, debería moverse hasta la posición de la ficha 2 y ponerla al lado derecho de la ficha principal, utilizando para ello una trayectoria eje a eje [2].

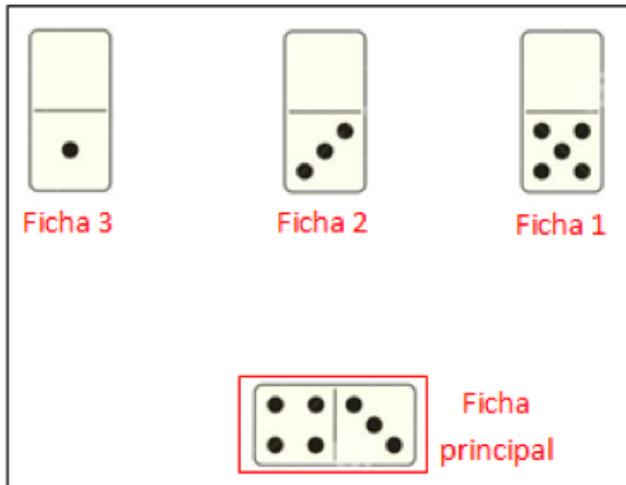


Figura 2. Representación gráfica de la aplicación escogida.

### 5. Algoritmo de tratamiento digital de imágenes para la aplicación

En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al tratamiento digital de imágenes para la aplicación.

El programa inicia y adquiere la imagen de las fichas que están en el campo de visión de la cámara. La imagen, entonces, es binarizada, para facilitar su procesamiento.

Una vez que se tiene la imagen en blanco y negro, se realiza el reconocimiento de patrones de la ficha principal. Paso seguido se realiza el reconocimiento de patrones de las demás fichas y se comparan con la principal; entonces se determina si existe una jugada. De no existir una jugada, el manipulador se conserva en la posición inicial.

De existir una jugada, entonces se calculan los puntos inicial y final del recorrido del ma-

nipulador. Una vez determinados los puntos, se calculan los valores angulares de cada una de las articulaciones del manipulador, utilizando la cinemática inversa [6][7].

Una vez que se ha ejecutado la trayectoria, es decir, una vez que el manipulador ha ejecutado la jugada correspondiente, regresa a la posición inicial.

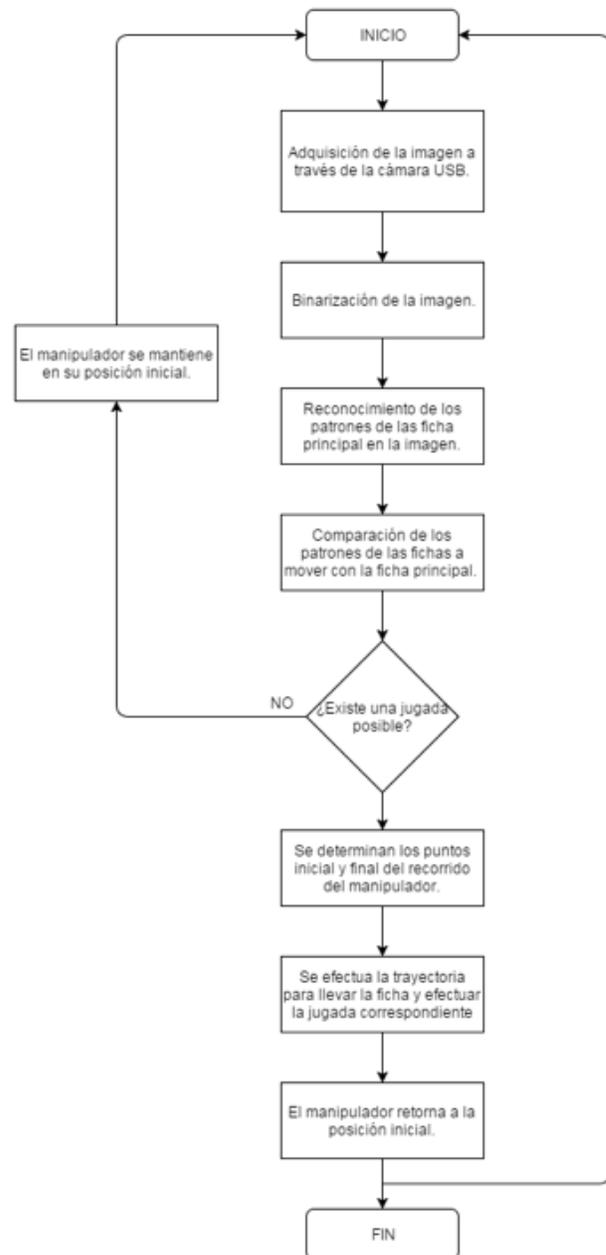


Figura 3. Diagrama de flujo del algoritmo de tratamiento digital de imágenes.

Fuente: Propia.

### 6. Resultados del experimento

Se realizaron 100 experimentos, cuyos resultados están resumidos en la tabla 1.

Tabla 1. Resumen de resultados experimentales.

Caso	Cantidad	Aciertos	Jugada errada	No reconoció que había jugada	Total de fallos	Porcentaje de Aciertos
Existe jugada	50	46	3	1	4	92%
No existe jugada	50	44	-	-	6	88%
Total	100	90	-	-	10	90%

En el caso donde había una jugada disponible, ocurrieron dos tipos de fallo, un tipo fue que se realizó una jugada errada; el otro tipo fue que no reconoció ninguna jugada aun cuando existía.

En el caso donde no existía jugada, el único tipo de fallo consistió en que reconoció y efectuó jugadas.

Todos los fallos tienen su origen en un reconocimiento de patrones errado. Esto se debió, en la mayoría de los casos a un cambio en las condiciones de iluminación.

En la figura 4 se puede observar la secuencia de uno de los experimentos.



Figura 4. Secuencia de uno de los experimentos llevados a cabo. Como se puede observar, la jugada posible es la ficha 2, sea por la izquierda o la derecha. En este caso, el manipulador escoge la izquierda por defecto, dado que es el primer patrón que evalúa el algoritmo.

Fuente: Propia

## 7. Conclusiones

Sin bien el experimento se llevó a cabo de forma exitosa, es decir, el sistema manipulador – cámara logró diferenciar entre las fichas de dominó y efectuar la jugada posible, se presentaron inconvenientes que tienen que ver con la posición de las fichas. Esto se podría mejorar aplicando otro algoritmo de reconocimiento de patrones, que se comporte de forma más adecuada.

El ambiente de experimentación juega un papel primordial. Una luz cambiante o no uniforme, impide al algoritmo de tratamiento de imágenes distinguir entre los diversos patrones de forma adecuada, provocando la "confusión" del manipulador, lo que lo lleva a realizar jugadas incorrectas.

## 8. Recomendaciones

Se recomienda mejorar la aplicación por medio del uso de técnicas de inteligencia artificial para el tratamiento de imágenes y/o visión artificial.

Se recomienda investigar en el reconocimiento de patrones, para mejorar el rendimiento del sistema a la hora de diferenciar entre múltiples fichas similares.

Implementar un interpolador de trayectorias, para que los movimientos del manipulador sean más suaves y armoniosos.

## 9. Referencias

- [1] A. Barrientos. Fundamentos de Robótica. Madrid: McGraw-Hill, 1997.
- [2] L. Biagiotti y C. Melchiorri. Trajectory planning for automatic machines and robots. Berlin: Springer, 2008.
- [3] R. Szeliski. Computer Vision: Algorithms and applications. USA: Springer, 2010.
- [4] B. Coifman, D. Beymer, P. McLauchlan y

J. Malik, A real-time computer vision system for vehicle tracking and traffic surveillance. Transportation Research Part C6, 1998, pp. 271-288.

- [5] M. Z. Abdullah, L. C. Guan, K. C. Lim y A. A. Karim, The Applications of computer vision systems and tomographic radar imaging for assesing physical properties of food. Journal of Food Engineering, vol. 61, no. 1, pp. 125-135, Enero 2004.
- [6] S. Kucuk y Z. Bingul, "Robot Kinematics: Forward and Inverse Kinematics". En Industrial Robotics: Theory, Modelling and Control. Alemania - Austria: Sam Cubero. 2006, pp. 117-148.
- [7] Mathworks, Modeling Inverse Kinematics in a robotic Arm. 2016. [Online]. Disponible en: <http://www.mathworks.com/help/fuzzy/examples/modeling-inverse-kinematics-in-a-robotic-arm.html>