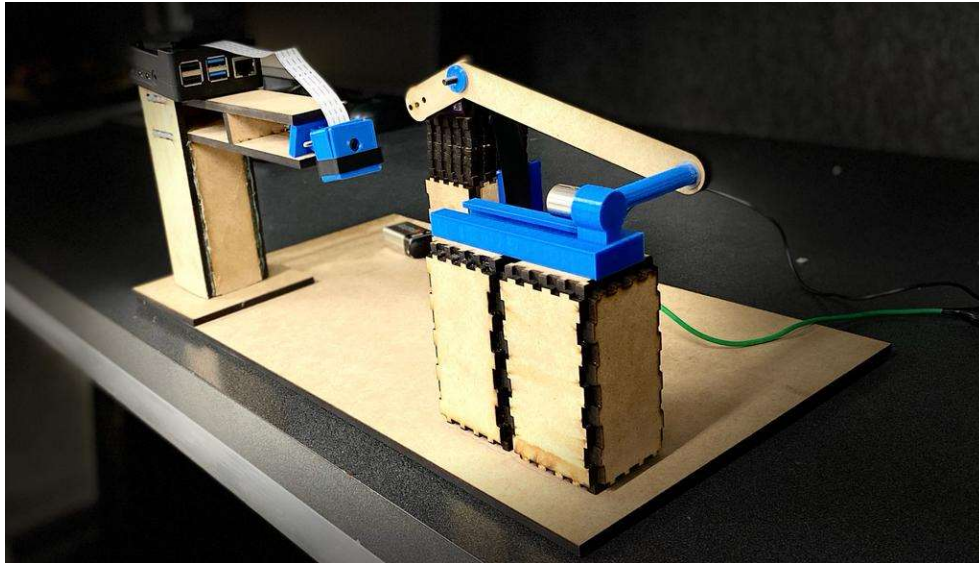


## PROTOTIPO

### CONCENTRACIÓN DE SISTEMAS CIBER FÍSICOS II CÓMPUTO COGNITIVO



#### AUTORES

Abril Berenice Bautista Román  
Tecnológico de Monterrey, Campus Estado  
de México  
[A01750202@tec.mx](mailto:A01750202@tec.mx)

Luis Eduardo Ávila Gómez  
Tecnológico de Monterrey, Campus Estado  
de México  
[A01378940@tec.mx](mailto:A01378940@tec.mx)

Nancy Lesly García Jiménez  
Tecnológico de Monterrey, Campus Estado  
de México  
[A01378043@tec.mx](mailto:A01378043@tec.mx)

Mariel Alquisira Morales  
Tecnológico de Monterrey, Campus Estado  
de México  
[A01751139@tec.mx](mailto:A01751139@tec.mx)

#### ASESOR

Profesor Arturo Desaix López Rojas  
Tecnológico de Monterrey, Campus Estado  
de México

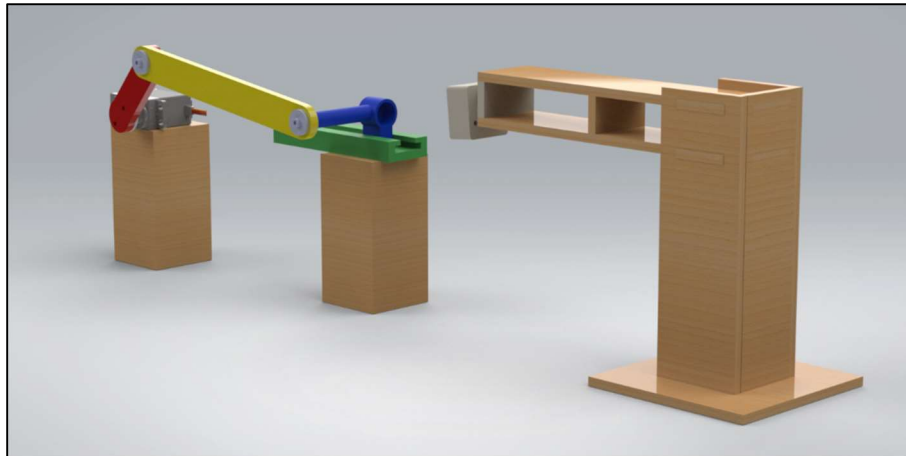
Estado de México, México  
Noviembre 03, 2022

## Introducción

En la concentración de sistemas ciber físicos II se trabajó en conjunto con la Forjadora Panamericana para resolver retos que se han presentado dentro de la fábrica. Dentro de la materia de cómputo cognitivo el reto propuesto fue realizar una red neuronal convolucional. Hecha con la finalidad de supervisar unas herramientas creadas por un sistema de motor con un sistema de visión. A continuación, se presenta un primer avance de la solución

## Desarrollo

Al momento de desarrollar una solución para el sistema mecánico un primer boceto fue utilizar un mecanismo biela-manivela para realizar el movimiento del herramental. Esto para poder emular las máquinas de la Forjadora Panamericana. Es importante notar que se realizó una visita a la fábrica para conocer las máquinas y su funcionamiento. Un motivo por cual se estarán implementando cámaras es para mejorar el proceso de análisis de los herramientas. Como equipos nos dimos cuenta de que era esencial poder tener la cámara y el mecanismo al mismo nivel para poder escanearlo en conjunto.

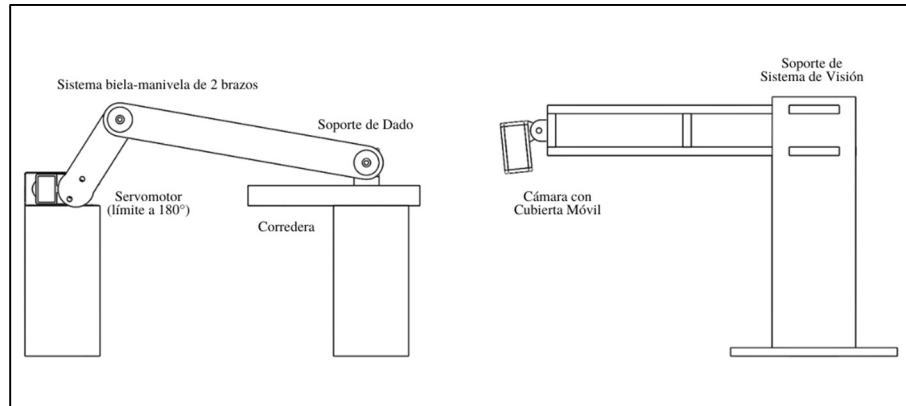


*Figura 1: Modelo del Sistema*

## FUNCIONAMIENTO

El sistema móvil del prototipo requiere de un movimiento lineal continuo, por lo que se utiliza un mecanismo biela-manivela para la transformación del movimiento circular de un servomotor a un movimiento rectilíneo. [1]

El prototipo está diseñado en dos módulos independientes, sistema móvil y sistema de visión (Figura 2), esto con el objetivo de generar un sistema adaptable a cualquier espacio en el que éste deba ser aplicado, enfatizando la libertad de movimiento entre el sistema de visión y el mecanismo de movimiento.



*Figura 2: Elementos del Prototipo*

La implementación del sistema encargado del movimiento del dado requiere una alta precisión en el desplazamiento lineal, por lo que se implementó un motor de tipo servo limitado a 180 grados, esto para controlar el fraccionamiento del movimiento y velocidad del motor según los requerimientos (Figura 2). Con este motor, no solo se realiza un movimiento correctamente delimitado, también ayuda al cuidado del sistema móvil a largo plazo, alargando los periodos de mantenimiento de mecanismos.

#### Códigos del Actuador

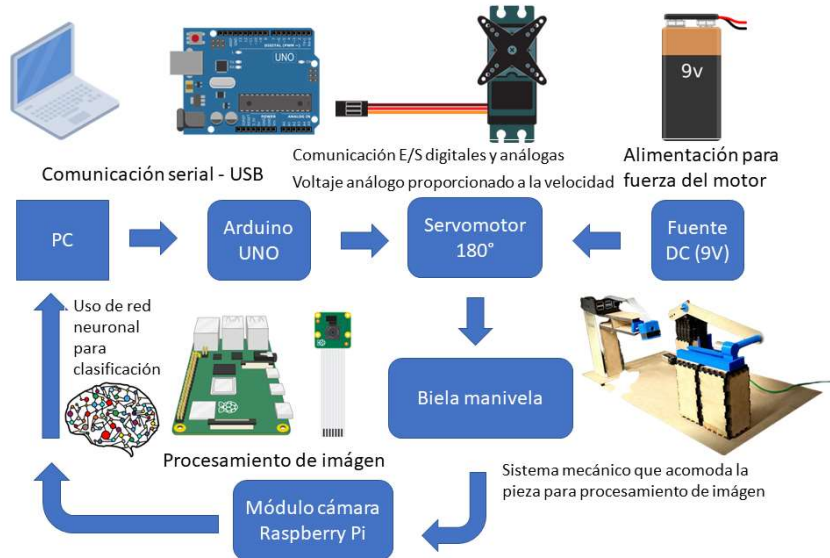
```
// Incluimos la librería para poder controlar el servo
#include <Servo.h>

// Declaramos la variable para controlar el servo
Servo servoMotor;

void setup() {
  // Iniciamos el monitor serie para mostrar el resultado
  Serial.begin(9600);
  // Iniciamos el servo para que empiece a trabajar con el pin 6
  servoMotor.attach(6);
  // Inicializamos al ángulo 0 el servomotor
  servoMotor.write(0);
}

void loop() {
  // Desplazamos a la posición 0°
  servoMotor.write(0);
  // Esperamos 1 segundo
  delay(1000);
  // Desplazamos a la posición 180°
  servoMotor.write(180);
  // Esperamos 1 segundo
  delay(1000);
}
```

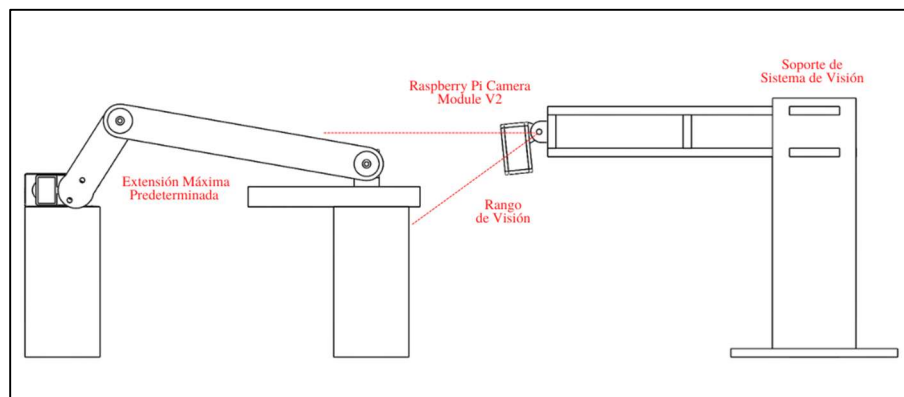
A continuación, se muestran diagramas detallados sobre la secuencia de funcionamiento del prototipo (Figura 3).



*Figura 3: Diagrama de Bloques del Funcionamiento del Prototipo*

Por otro lado, para el desarrollo del sistema de visión, se utiliza un Módulo de Cámara Raspberry Pi V2, el cual tiene una resolución de 8 megapíxeles 1080p. Este módulo representa diversas ventajas para su implementación en la fábrica, puesto que es un dispositivo de dimensiones reducidas capaz de ser colocado en diversos espacios sin ser un obstáculo para el desempeño de la maquinaria. Todo el sistema está montado en un soporte que, a pesar de que sus dimensiones están consideradas para este prototipo, es fácilmente adaptable a cualquier entorno.

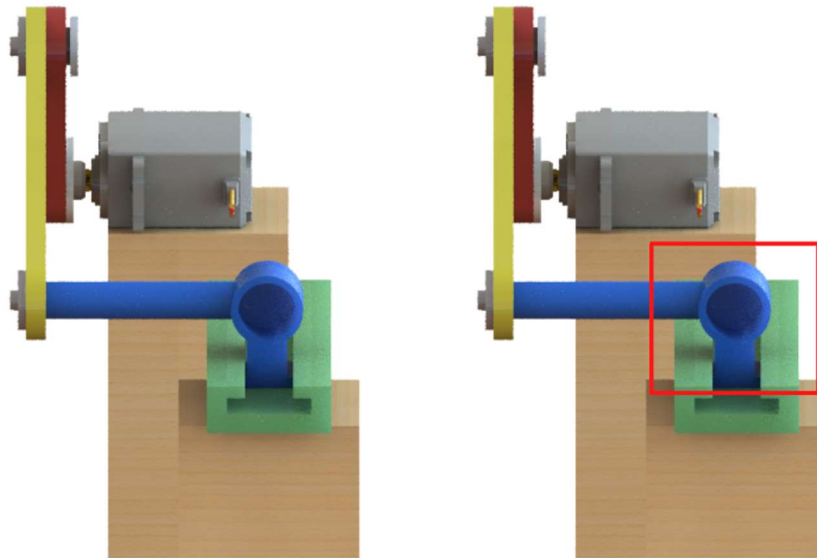
Además, El módulo fue recubierto por una carcasa móvil de plástico sellado (Figura 4), lo que garantiza la durabilidad del prototipo a pesar de condiciones de poco cuidado. Esta carcasa no solo protege el dispositivo, también le aporta movilidad, generando un amplio campo de visión según las necesidades del usuario.



*Figura 4: Diagrama del Sistema de Visión*

Una vez desarrollado el prototipo físico del sistema de visión, es necesario reconocer la funcionalidad detrás de este. La cámara está colocada estratégicamente para recibir imágenes significativas del objetivo a analizar, en este caso, el dado de la maquinaria (Figura 4).

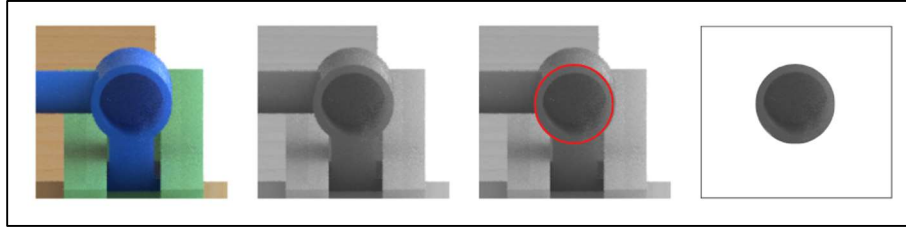
Gracias al correcto posicionamiento de la cámara con respecto al actuador, podemos iniciar la captura y procesamiento de imágenes. Este proceso inicia con la detección de una Región de Interés (ROI por su nombre en inglés Region of Interest). Esta región nos permitirá restringir el tamaño de la imagen capturada, eficientando el preprocesamiento (Figura 5).



*Figura 5: Detección de Región de Interés*

Posteriormente, se inicia el procesamiento de imágenes con el objetivo de obtener información significativa de la escena a partir de las capturas. Para este caso, los cambios de color no son significativos para la detección de anomalías en el dado, por lo que se convierte la imagen a escala de grises. Esto a su vez es considerado una ventaja, puesto que utilizar imágenes grises aligera considerablemente el costo computacional del análisis de la imagen en redes neuronales.

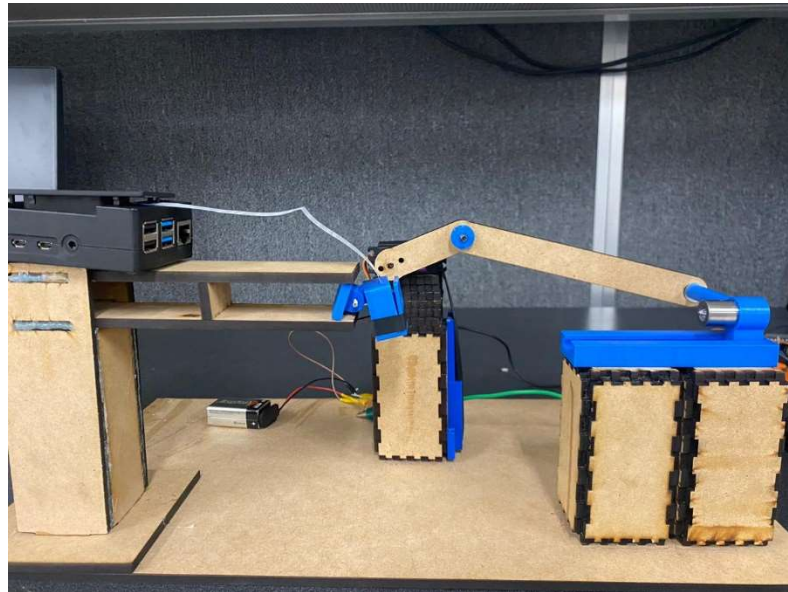
Para aprovechar las propiedades de nuestro objeto a analizar, debemos buscar características en su apariencia. En el caos del dado, este tiene forma circular, por lo que se busca restringir la imagen únicamente a las zonas circulares detectadas. Este procedimiento puede realizarse a través de un método de detección de círculos conocido como Transformada de Hough, el cual utiliza el Método del gradiente de Hough para la detección de parámetros como el centro y el radio del círculo. [2]



*Figura 6: Procesamiento de Imágenes*

De ese modo, la imagen final generada por el preprocesamiento de imagen (Figura 6) puede ser introducida a una red neuronal entrenada para el reconocimiento de defectos o fracturas en el dado analizado.

Finalmente se muestran imágenes detalladas de la implementación física del primer prototipo del sistema descrito previamente (Figura 7). Se puede observar un video con su funcionamiento completo en la siguiente liga: [Actividad 3](#)







*Figura 7: Implementación Física del Prototipo*

## Referencias

- [1] Torres Búa, M. (2014). Biela-manivela. Mecanismos.  
[https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/53\\_bielamanivela.html](https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/53_bielamanivela.html)
- [2] Hough Circle Transform. (2022). Open-Source Computer Vision.  
[https://docs.opencv.org/4.x/d3/de5/tutorial\\_js\\_houghcircles.html](https://docs.opencv.org/4.x/d3/de5/tutorial_js_houghcircles.html)
- [3] Hough Circle Transform. (2022). Open-Source Computer Vision.  
[https://docs.opencv.org/4.x/d3/de5/tutorial\\_js\\_houghcircles.html](https://docs.opencv.org/4.x/d3/de5/tutorial_js_houghcircles.html)