

# Diseño de un Robot Cuadrúpedo de Exploración de Entornos Remotos basado en Plataformas Open Source

Victor M. Gonzales  
School of Mechatronic Engineering  
Ricardo Palma University  
Lima, Peru  
vgonzales1250@gmail.com

Christopher M. Coronado  
School of Mechatronic Engineering  
Ricardo Palma University  
Lima, Peru  
christopher.coronado@urp.pe

Ricardo Pineda  
School of Mechatronic Engineering  
Ricardo Palma University  
Lima, Peru  
Ricardo.pineda@urp.edu.pe

William Polo  
School of Mechatronic Engineering  
Ricardo Palma University  
Lima, Peru  
201920425@urp.edu.pe

Otto Cordova  
School of Mechatronic Engineering  
Ricardo Palma University  
Lima, Peru  
Otto.cordova@urp.edu.pe

**Resumen**— El proyecto consiste en crear un robot con forma de araña de 4 patas utilizando servomotores, Arduino, un módulo Bluetooth y un sensor de distancia SR04. El robot tiene funciones de movimiento controladas por los servomotores y puede evitar obstáculos utilizando el sensor de distancia. Al añadir una cámara FPV y una lámpara LED, se pueden lograr diversas aplicaciones. Estas incluyen exploración y mapeo en áreas de difícil acceso, seguimiento de objetos o personas, asistencia personal mediante comandos de voz, educación y entretenimiento. Las ventajas del proyecto incluyen la movilidad proporcionada por las 4 patas, la capacidad de transmitir video en tiempo real con la cámara FPV y la posibilidad de iluminación adicional con la lámpara LED.

**Keywords**— Servomotor, FPV, Bluetooth, Arduino

## I. INTRODUCTION

El proyecto consiste en la creación de un robot con forma de araña de 4 patas utilizando servomotores, Arduino, un módulo Bluetooth y un sensor de distancia SR04 que además tiene integrado una cámara FPV para obtener video en tiempo real

El objetivo principal del proyecto es desarrollar un robot capaz de moverse de forma autónoma, evitando obstáculos y realizando tareas específicas mediante el uso de componentes electrónicos y un controlador programable como Arduino. Las 4 patas articuladas del robot, controladas por los servomotores, brindan una movilidad flexible y adaptativa, lo que permite que el robot se desplace sobre diferentes superficies y terrenos.

Además de los servomotores, se incorpora un módulo Bluetooth para la comunicación inalámbrica con otros dispositivos, como un teléfono móvil o una computadora. Esto abre un amplio abanico de posibilidades para controlar y programar el robot de forma remota como se observa en la fig 1, incluso utilizando comandos de voz o una interfaz gráfica.



Fig.1. Modelos de robots artropodos desarrollados por MIT Y Festo

El sensor de distancia SR04 desempeña un papel clave en la capacidad del robot para evitar obstáculos y navegar en entornos complejos como se muestra en la fig 2. El sensor utiliza ondas ultrasónicas para medir la distancia entre el robot y los objetos circundantes, lo que le permite tomar decisiones en tiempo real y ajustar su ruta de movimiento para evitar colisiones.

Para ampliar aún más las funcionalidades del robot, se añade una cámara FPV (First Person View) que permite transmitir video en tiempo real. Esto proporciona una perspectiva visual directa desde el robot, lo que resulta útil en diversas aplicaciones, como exploración remota de áreas peligrosas, vigilancia o simplemente para capturar momentos interesantes desde una perspectiva única.

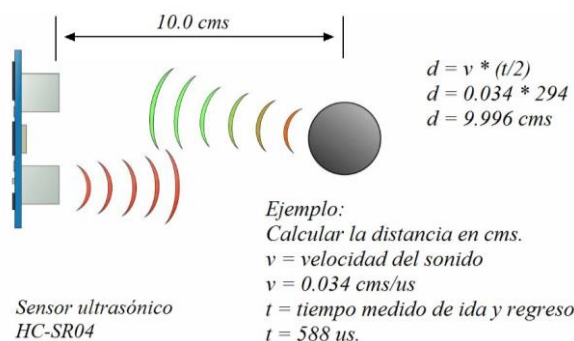


Fig.2. Modo de funcionamiento del sensor ultrasónico utilizado en el robot

## II. MATERIALS AND METHODS

Para el desarrollo del robot se utilizaron diferentes técnicas y métodos, tanto para crear la programación como para el desarrollo electrónico como también en el montaje mecánico y estructural.

### A. Diseño Mecánico

Para el diseño estructural y de las piezas se usó Solidworks que nos permitió dimensionar y generar las piezas de forma precisa además de usar a tecnología de impresión 3D mostrado en la fig 3. usando PLA como material base ya que nos permite hacer modificaciones y correcciones de diseño de manera fácil y rápida para futuras versiones permitiendo así si continuo desarrollo a bajo costo.

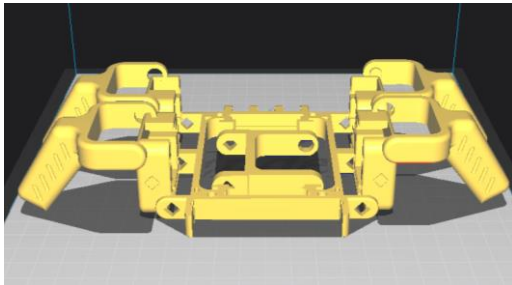


Fig.3. Estructura mecánica diseñado para el robot, articulacion-cuerpo

TABLE I. MECHANICAL DESIGN

DISÑO	PARAMETERS
MECHANICAL	Material : PLA (poliácido láctico) Dimension : 200mm x 200mm x 130mm Temperatura (rango) : -0 °C to +150 °C Peso:550g

El PLA es un material muy popular en la impresión 3D debido a su facilidad de uso. Tiene una baja temperatura de fusión y no requiere una cama caliente, lo que lo hace compatible con una amplia gama de impresoras 3D. Además, el PLA tiene una excelente adherencia a la superficie de impresión, lo que reduce la posibilidad de deformaciones o desprendimientos.

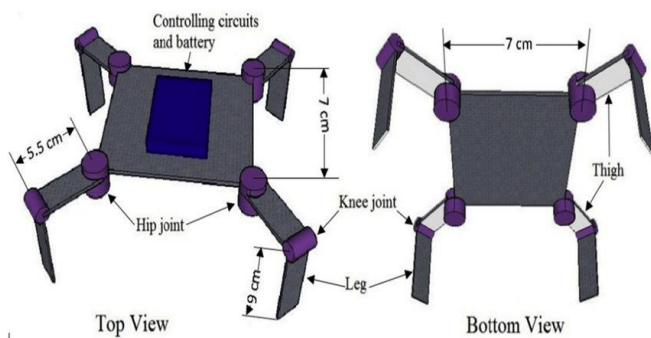


Fig.4. Partes estructurales móviles principales del robot

Cada articulación del robot está compuesta por varios segmentos como se ve en la fig 4. conectados mediante servomotores, simulando la estructura y el movimiento de una pata de un animal cuadrúpedo. Los servomotores se encargan de controlar el movimiento de cada articulación, lo que permite que las patas se flexionen y extiendan de manera independiente.

El diseño mecánico busca garantizar una locomoción fluida y estable del robot. Para lograr esto, se consideran factores como la longitud de cada segmento de la pata, la ubicación y ángulo de las articulaciones, así como la relación de transmisión de los servomotores. Estos elementos se ajustan cuidadosamente para proporcionar un equilibrio adecuado como se ve en la fig 5, una amplitud de movimiento suficiente y una distribución de carga óptima en las patas.

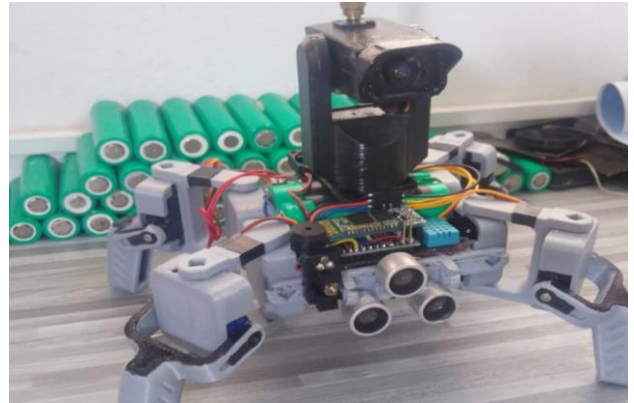


Fig.5. Armado final estructural del robot

El suministro eléctrico de tu proyecto utilizará baterías de litio 18650 de 3.7V y 2500mAh. Estas baterías proporcionan un voltaje adecuado para alimentar componentes electrónicos comunes, como servomotores, Arduino y módulos Bluetooth. La capacidad de la batería de 2500mAh indica la cantidad de carga que puede almacenar y suministrar.

TABLE II. ELECTRICAL DESIGN

DESIGN	PARAMETERS
ELECTRICAL	Operating Voltage : 5v Battery : LiPo 3.7v 2700 mah Autonomy : 1.5 hours

### B. Diseño Electrico

La arquitectura de suministro eléctrico usado nos permite incrementar el número de baterías litio 18650 ya que al estar de forma paralela se puede adicionar más celdas permitiendo adicionar tiempo de funcionamiento, en el diagrama mostrado se observa los componentes utilizado como los voltajes de operación para los dispositivos utilizados.

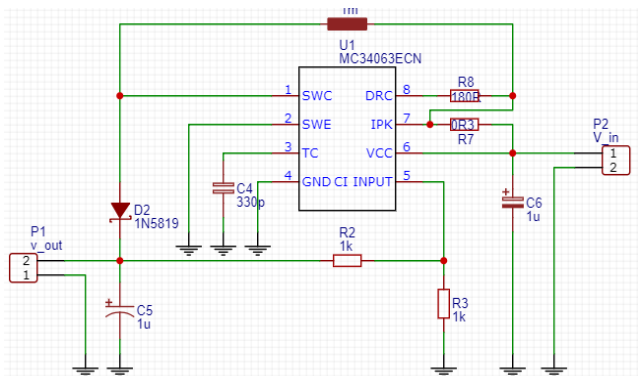


Fig.6. Diagrama electrico del sistema de alimentacion principal del robot

### C. Diseño Electrónico

En esta sección, se describe el diseño electrónico del robot cuadrúpedo. Como se muestra en la tabla III la lista de componentes utilizados para la realización del proyecto.

TABLE III. ELECTRONIC DESIGN OF PAULET-1

DESIGN	PARAMETERS
ELECTRONIC	<p>Components:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Microcontrolador Atmega328P-AU</li> <li>-Sensor HC SR04</li> <li>-HC06</li> <li>Modulo stepup 4A</li> <li>Capacitor 16v 220Uf</li> <li>Resistencia 1k 1/4w</li> <li>Diodo led</li> <li>Diodo laser</li> <li>Cables calibre 22awg</li> <li>Servomotor mg90</li> <li>Camara FPV</li> </ul> <p>Communication Protocols:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-UART</li> <li>-Serial</li> </ul>

El circuito electrónico mostrados en la fig 7. se observa la distribución e interconexión entre los módulos utilizados así como el orden aplicado a los servomotores de cada articulación hacia el arduino nano 328p los pines utilizados y salidas digitales de señales hacia el módulo bluetooth y el sensor de distancia ultrasónico

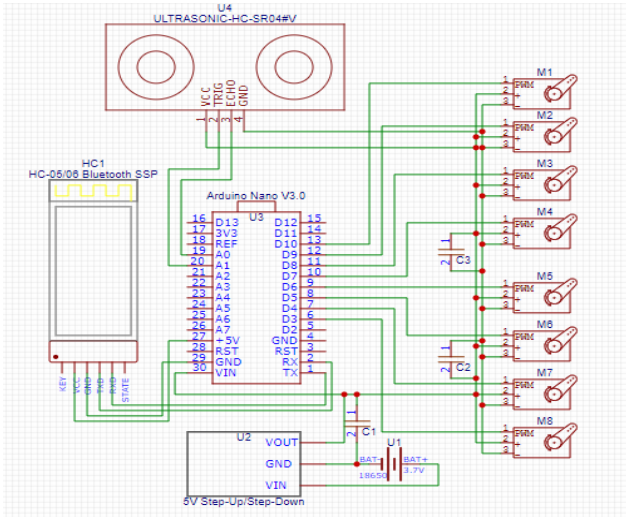


Fig.7. Diagrama electrónico del robot artopodo

La distribución de piezas vista en la fig 8. corresponde a la forma final de los componentes electrónicos utilizados en el robot y el orden en que se fijaron para un óptimo funcionamiento del proyecto

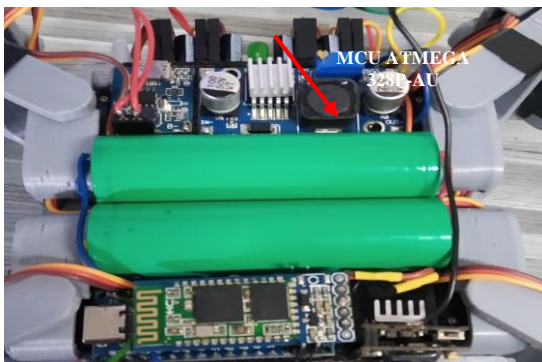


Fig.8. Dstribucion de piezas en la parte superior del robot

### D. Sistema de control

Para el sistema de control se desarrolló un Diagrama de Flujo, el cual se muestra en la Fig. 9, y un algoritmo, el cual se detalla en la Tabla IV, que cumple con el loop o modelo repetitivo que tiene el microcontrolador Atmega328p permitiendo el funcionamiento correcto y control a distancia del robot

TABLE IV. CONTROL SYTEM DESIGN

DESING	DEVELOPMENT
CONTROL SYSTEM	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Encendido Robot</li> <li>2. Posicion inicial 90° patas</li> <li>3. Apertura de Puerto serial del modulo Bluetooth HC06</li> <li>4. Se hace conexion exitosa al movil o dispositivo maestro</li> <li>5. Espera de las ordenes de movimiento o deteccion de objeto a ...5cm de distancia.</li> <li>6. Si se recibe <ul style="list-style-type: none"> <li>d = "F" se dirige hacia el frente</li> <li>d = "B" se dirige hacia el atras</li> <li>d = "R" se dirige hacia el derecha</li> <li>d = "L" se dirige hacia el izquierda</li> <li>d = "Q" enciende led</li> <li>d = "W" enciende lase</li> </ul> </li> <li>7. Si no se detecta datos entrantes finaliza loop y regresa al punto 5.</li> </ol>

En el Diagrama de Flujo que se muestra en la Fig. x. Comienza en el estado del interruptor que abre la energía al módulo convertidor de 3.7V 5V, si el voltaje es mayor a 3.2V continúa para convertir el voltaje a 5V, luego enciende todo el circuito iniciando la lectura del sensor sr04 que procesa los datos recibidos y lo envía hacia el arduino nano recibiendo la primera medida de distancia y si esta fuera del rango de colisión

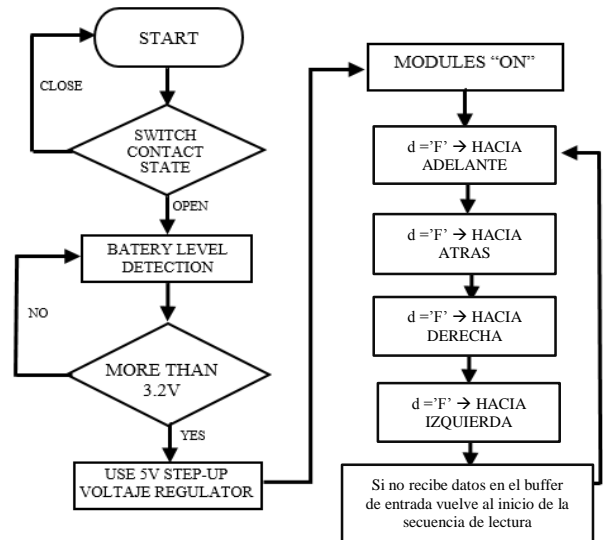


Fig.9. Diagrama de Flujo usado para crear el algoritmo de funcionamiento

Se muestra en la Fig. 10 y Fig 11. El código que ordena los datos y los envía al arduino nano 328p para su procesamiento y toma de decisión según el dato recibido del módulo bluetooth hc06

```

robot_ara_a
if (Serial.available()) {
  char d= Serial.read();
  delay(10);

  if (d == 'W' && datoAntiguo != 'W') {
    estado = 1 - estado;
    delay(10);
    datoAntiguo = d;

    if (d == 'U' && datoAntiguo != 'U') {
      estado1 = 1 - estado1;
      delay(10);
      datoAntiguo1 = d;
    }

    if (d=='F'){
      camina(); }

    if (d=='B'){
      atras(); }

    if (d=='R'){
      derecha(); }

    if (d=='L'){
      izquierda(); }

```

Fig.10. Código del procesamiento de datos recibidos por el hc06

```

robot_ara_a

if (estado == 1) {
  digitalWrite(LED, HIGH);
} else {
  digitalWrite(LED, LOW);
}

if (estado1 == 1) {
  digitalWrite(LED1, HIGH);
} else {
  digitalWrite(LED1, LOW);
}

uS = sonar.ping(); // Send ping, get ping time in microseconds (uS).
q = uS / US_ROUNDTRIP_CM;

if (q <= 10){
  atras();
  atras();
  atras();
}

```

Fig.11. Código donde se muestra la toma de decisión entre el sensor ultrasónico sr04 y el accionamiento de los servomotores

### III. TESTS AND RESULTS

Las pruebas iniciales llevadas a cabo en el proyecto del robot cuadrúpedo se enfocaron en evaluar su funcionamiento y desempeño básico. Estas pruebas fueron diseñadas para verificar el correcto ensamblaje del robot, comprobar la comunicación entre el Arduino Nano, el módulo Bluetooth y los servos, así como observar el comportamiento general de las patas y su capacidad para moverse de acuerdo con las instrucciones recibidas.

Durante las pruebas iniciales, se verificó que los componentes estuvieran correctamente conectados y funcionando. Se aseguró que los servos respondieran adecuadamente a las señales de control enviadas por el Arduino Nano, permitiendo movimientos suaves y precisos de las patas del robot. Además, se evaluó la comunicación a través del módulo Bluetooth, verificando la capacidad de control remoto del robot desde un dispositivo externo. Además, se llevó a cabo una evaluación inicial de la detección de obstáculos utilizando el sensor de distancia SR04. Se verificó que el robot pudiera detectar objetos cercanos y realizar una acción de retroceso cuando se encontrara con un obstáculo.

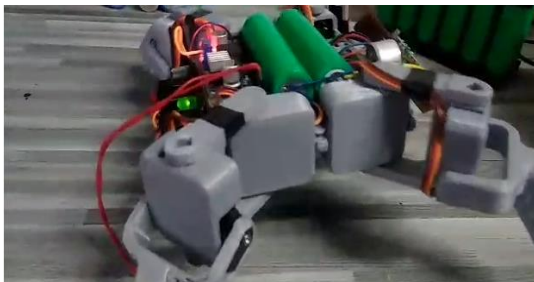


Fig.12. Primeras pruebas de la secuencia de movimiento mecánico de las articulaciones

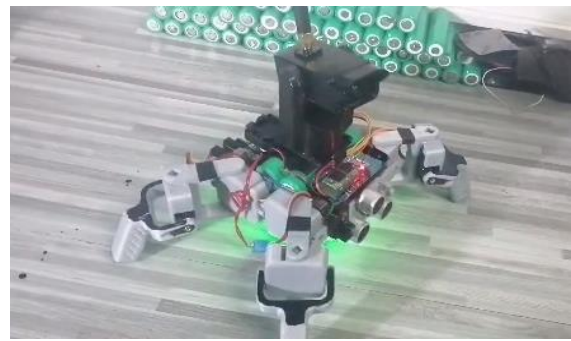


Fig.13. Movimiento estable conseguido de las piernas del robot

### IV. CONCLUSION

En conclusión, el diseño y desarrollo de un robot cuadrúpedo controlado a distancia utilizando servos, un Arduino Nano 328P, un módulo Bluetooth y un sensor de distancia SR04 ha demostrado ser exitoso. El diseño mecánico y eléctrico del robot ha permitido una movilidad fluida y una estructura resistente, mientras que el sistema de control implementado ha proporcionado una respuesta precisa a las instrucciones del control remoto. Las pruebas realizadas han demostrado que el robot puede detectar obstáculos y retroceder de manera efectiva, mostrando una buena capacidad de navegación en entornos desafiantes. Este proyecto sienta las bases para futuras mejoras y aplicaciones en campos como la exploración de terrenos difíciles o la asistencia en tareas de búsqueda y rescate.

### REFERENCES

- [1] B. Siciliano and O. Khatib, "Springer Handbook of Robotics," Springer, 2016.
- [2] M. H. Raibert, "Legged Robots That Balance," MIT Press, 1986.
- [3] D. Goswami, "Principles of Walking and Running: Mechanics and Control of Human Locomotion," Cambridge University Press, 2018.
- [4] M. Vukobratović and B. Borovac, "Zero-moment Point: Thirty Five Years of its Life," Springer, 2004.
- [5] J. Pratt, B. Krupp, J. Morse, and G. Jones, "Series Elastic Actuators for High-Fidelity Force Control," The International Journal of Robotics Research, vol. 27, no. 2, pp. 263-273, 2008.
- [6] K. T. Al-Nasiri, M. A. Ahmad, and S. A. Al-Masoodi, "Design and Implementation of a Quadruped Robot Using Arduino Microcontroller," International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, vol. 6, no. 4, pp. 3169-3174, 2017.
- [7] R. Mutlu, "Development of a Quadruped Robot with Embedded System," International Journal of Engineering and Advanced Technology, vol. 8, no. 3, pp. 1384-1392, 2019.
- [8] F. Farooq, A. K. Jadoon, and S. M. Ali, "Design and Implementation of a Quadruped Robot with Obstacle Detection and Avoidance Capabilities," International Journal of Innovative Research in Computer Science and Engineering, vol. 6, no. 1, pp. 18-23, 2018.