

# **Robot hexápodo controlado por radio frecuencia para la búsqueda de personas atrapadas en derrumbes en zonas urbanas del Perú**

## **Radio frequency controlled hexapod robot to search for people trapped in landslides in urban areas of Peru**

Ing. José C. Borja Padilla<sup>1</sup>, Dr. Ing. Ricardo J. Palomares Orihuela<sup>2</sup>

Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica – Universidad Ricardo Palma

[jose.carlos.borj@hotmail.com](mailto:jose.carlos.borj@hotmail.com), [rpalomares@ieee.org](mailto:rpalomares@ieee.org)

### **RESUMEN**

La presente investigación presenta el Diseño e Implementación de un Robot hexápodo controlado por radiofrecuencia para la búsqueda de personas atrapadas en derrumbes en las zonas urbanas del Perú. El robot cuenta con 17 GDL, tiene como dimensiones 280 mm de alto y 560 mm de ancho, el cual fue sometido a cuatro pruebas. En la prueba 1, se verificó el análisis de estabilidad del robot, la prueba 2 entregó la respuesta del sistema de detección de temperatura de una persona con mediciones en el rango de 36.5 y 37 °C. En la prueba 3, el robot en un entorno en estado de derrumbe realizó la búsqueda de personas en el área siniestrada, en la prueba 4, el robot en un entorno cerrado en estado de derrumbe, ingresó y permitió identificar una persona atrapada e iniciar un rescate seguro. Futuras investigaciones deben incluir un sistema autónomo de navegación y el uso de tecnologías IoT.

**Palabras claves:** Robot, hexápodo, búsqueda de personas, rescate.

### **ABSTRACT**

This research presents the Design and Implementation of a radio-frequency controlled hexapod Robot for the search of people trapped in landslides in urban areas of Peru. The robot has 17 DOF, its dimensions are 280 mm high and 560 mm wide, which was subjected to four tests. In test 1, the stability analysis of the robot was verified, test 2 gave the response of the temperature detection system of a person with measurements in the range of 36.5 and 37 °C. In test 3, the robot in an environment in a collapsed state carried out the search for people in the affected area, in test 4, the robot in a closed environment in a collapsed state, entered and allowed to identify a trapped person and initiate a safe rescue. Future research should include an autonomous navigation system and the use of IoT technologies.

**Key words:** Robot, hexapod, search for people, rescue.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Perú durante el año 2017 - 2018, ocurrieron 418 sismos con una magnitud que ha variado entre 3.1 y 6.1 grados en la escala de Richter, resultando Arequipa el departamento con mayor frecuencia con 135 eventos, seguidos de Lima con 45 eventos, Moquegua e Ica con 42 y 32 eventos respectivamente [1]. La problemática existente al ocurrir un desastre natural se centra en el Departamento de Bomberos del Perú, que no cuenta con un sistema para efectuar operaciones de rescate de una manera rápida y eficiente, ya que, cuando se habla de mejorar la eficiencia en los rescates, esto significa cuidar de la vida, no solo de las víctimas, sino también de los rescatistas [2].

En vista a este problema, se propone diseñar e implementar un robot hexápodo que sea capaz de localizar a las personas que permanezcan aún con vida, pero atrapadas en un derrumbe o que se encuentran en espacios pequeños de difícil y peligroso acceso para un equipo de rescate, a través de su calor corporal, permitiendo así definir una zona segura de rescate.

## 2. DISEÑO DEL ROBOT

### 2.1 Diseño mecánico

Para el diseño mecánico del robot se utilizó la configuración de un robot móvil zoomórfico [3] con la forma de un robot hexápodo de distribución radial además se incluyó dos brazos de 2 GDL, [4], [5], cada uno, para que pueda mover pequeños obstáculos. El material seleccionado para el chasis fue el acero de carbono – Manganeso GX120Mn13 [6] y para sus dimensiones se tomó en cuenta la medida de una persona adulta promedio en posición de gateo. En la figura 1, se muestra la estructura mecánica del robot diseñado en Catia V5.

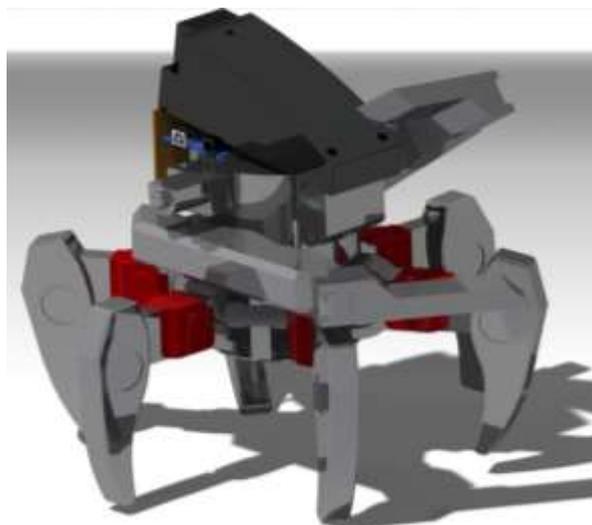


Figura 1. Estructura mecánica del robot diseñado en Catia V5.

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 Diseño Eléctrico

En la tabla 1, se presentan las especificaciones técnicas y la ubicación de los tres tipos de micro servos que se utilizó en el robot, con un voltaje de 12 Voltios, corriente de carga de 0.75 Amperios, potencia de 1.1 W así como un torque máximo de 1.8 kg-cm.

Tabla 1.1 Micro servos del robot hexápodo.

| Nombre  | Voltaje | Corriente con carga | Velocidad sin carga (RPM) | Torque (kg - cm) | Potencia (W) | Cantidad | Ubicación |
|---------|---------|---------------------|---------------------------|------------------|--------------|----------|-----------|
| Servo 1 | 12 V    | 0.75 A              | 220                       | 1.8              | 1            | 1        | Cuerpo    |
| Servo 2 |         |                     | 330                       | 1.3              | 1.1          | 6        | Patas     |
| Servo 3 |         |                     | 450                       | 1                | 1.1          | 2        | Brazos    |

Fuente: Elaboración propia

Se determinó el consumo de los componentes eléctricos, obteniendo un consumo total de 10.73 Watt y un consumo total de la corriente de 850 mAmp, tal como se muestra en la tabla 2:

Tabla 22. Cálculo de consumo de los componentes eléctricos.

| N°           | Descripción        | Cant. | Consumo Unitario (Watts) | Consumo Total (Watts) | Consumo mAmp | Consumo total por 8 horas (Watts) |
|--------------|--------------------|-------|--------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------------------|
| 1            | Arduino UNO        | 1     | 0.025                    | 0.025                 | 50           | 0.2                               |
| 2            | Servo 1            | 1     | 1.1                      | 1.1                   | 60           | 8.8                               |
| 3            | Servo 2            | 6     | 1.1                      | 6.6                   | 60           | 52.8                              |
| 4            | Servo 3            | 2     | 1                        | 2                     | 60           | 16                                |
| 5            | Módulo de Motor    | 3     | 0.3                      | 0.9                   | 600          | 7.2                               |
| 6            | Componentes Varios | -     | 0.1                      | 0.1                   | 20           | 0.8                               |
| <b>Total</b> |                    |       |                          | <b>10.73</b>          | <b>850</b>   | <b>85.84</b>                      |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2 se muestra el esquema de distribución de energía del robot que consta de un controlador, tres módulos de motor y nueve motores, de los cuales: seis son para controlar las patas, dos son para controlar los brazos y uno ubicado en el eje central del robot (cuerpo).

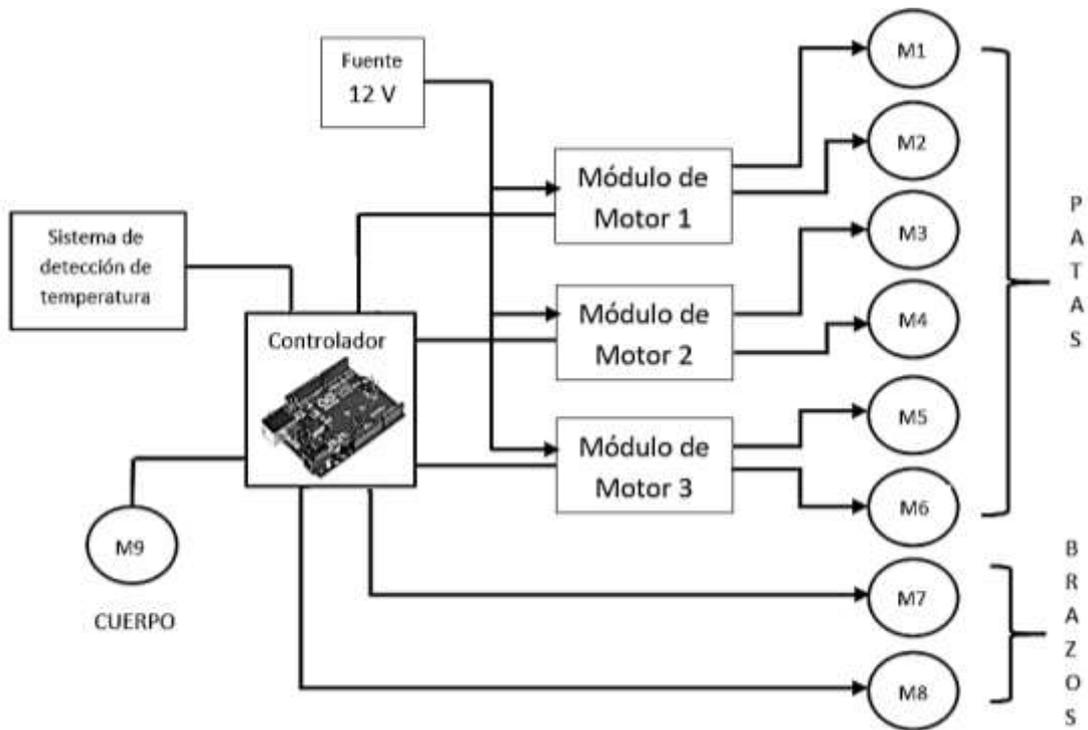


Figura 2. Esquema de distribución de energía del robot

Fuente: Elaboración propia

### 2.3 Diseño Electrónico

En la figura 3 se presenta el esquema electrónico del robot hexápodo diseñado en el software Proteus [7] que consta de un Controlador Arduino UNO, módulos para el motor de tipo L298 y 9 servo motores de los cuales 6 son para las patas, 2 para los brazos y uno para el cuerpo.

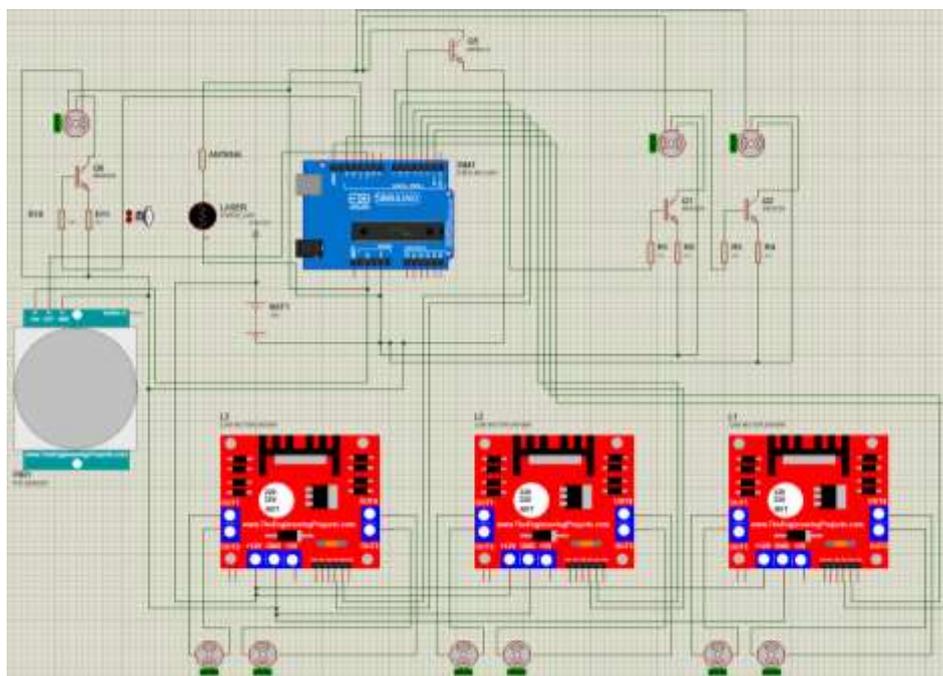


Figura 3. Circuito electrónico del robot diseñado en Proteus

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se muestra la tarjeta electrónica PCB simulada en el visualizador 3D del software Proteus.



Figura 4. Diseño 3D de la tarjeta electrónica  
Fuente: Elaboración propia

## 2.4 Diseño Informático

En la figura 5 se describe el funcionamiento de la programación del robot: el sistema detector de temperatura, de color naranja, encargado de censar la variación de temperatura externa del robot, el movimiento del robot, de color azul, a cargo de los movimientos del robot y el sistema de verificación, de color verde, que se encarga del sistema visual del robot.

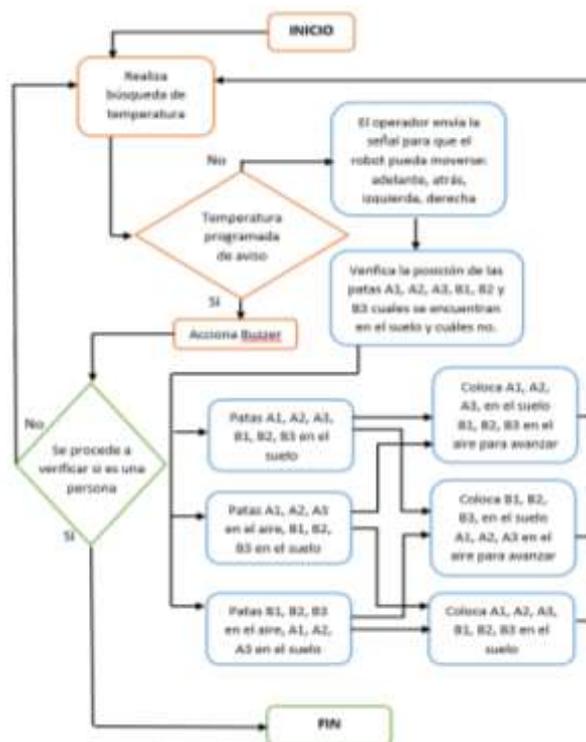


Figura 5. Diagrama de flujo de la programación del robot  
Fuente: Elaboración propia

### 3. IMPLEMENTACIÓN DEL ROBOT

#### 3.1 Implementación Mecánica

Se implementó la estructura mecánica del robot y se procedió a realizar el ensamblaje de los brazos y la cabeza al cuerpo del robot, tal como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Diagrama de flujo de la programación del robot

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2 Implementación Electrónica

Se ensambló la tarjeta PCB y el controlador Arduino Uno en la parte superior del cuerpo del robot y se procedió a realizar sus conexiones eléctricas con las piernas, finalmente se procedió a instalar la cabeza del robot para proteger el controlador y la tarjeta PCB como se muestra en la figura 7

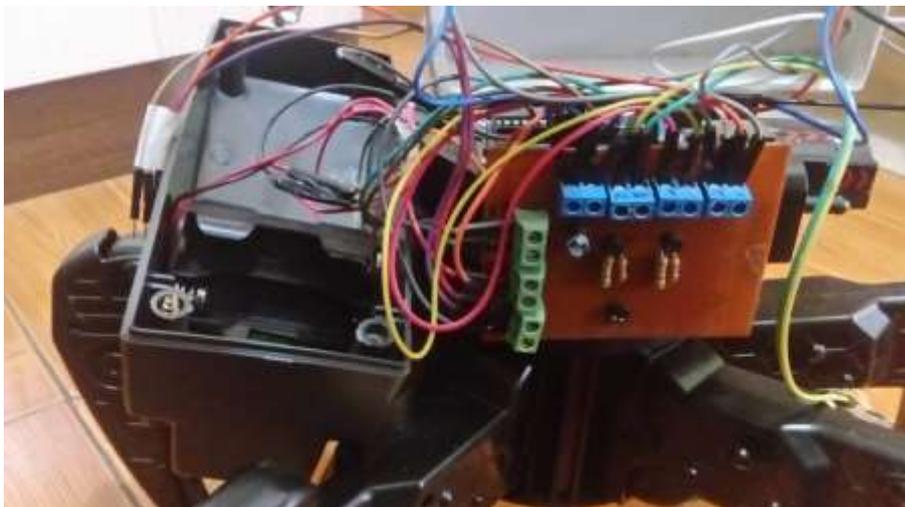


Figura 7. Implementación de tarjeta electrónica

Fuente: Elaboración propia

## 4. PRUEBAS Y RESULTADOS

### Prueba 1

La prueba consistió en analizar la estabilidad del robot sobre terrenos accidentados con presencia de escombros [8], obteniendo como resultado: favorable estabilidad que permitió su desplazamiento en todas direcciones sin presentar volcadura ni complicación con respecto a su peso, equilibrio y centro de gravedad, tal como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Prueba de estabilidad del robot

Fuente: Elaboración propia

### Prueba 2

La prueba consistió en probar el sistema de detección de temperatura del robot mediante su laser censando la palma de una persona, obteniendo como resultado: El censado de temperatura en el rango entre 36.3 – 37.1 °C indicando que la temperatura corporal de la persona censada es normal, tal como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Prueba del sistema de detección de temperatura

Fuente: Elaboración propia

### Prueba 3

La prueba consistió en ubicar al robot en un derrumbe reciente y realizar una búsqueda de variación de temperaturas de personas enterradas, obteniendo como resultado: la adecuada capacidad del robot de movilizarse sin problemas en superficies rocosas – empinadas, mientras realiza la búsqueda de personas mediante el censado de temperatura. En la figura 10 se puede apreciar al robot realizando la prueba.



Figura 10. Robot hexápodo realizando búsqueda de personas

Fuente: Elaboración propia

### Prueba 4

La prueba final consistió en colocar al robot en una habitación que simula un derrumbe por terremoto y proceder a realizar la búsqueda de personas atrapadas, obteniendo como resultado: la capacidad del robot de caminar por obstáculos, adaptarse a situaciones como la ausencia de luz mediante su sistema de iluminación y la funcionalidad del sistema de detección de temperatura al encontrar una persona inconsciente, verificando que aún se encuentra con vida por la temperatura corporal que presenta, tal como se muestra en la figura 11, y así el operador proceder a declarar que el área es segura para iniciar el rescate.



Figura 11. Robot hexápodo realizando búsqueda de personas

Fuente: Elaboración propia

## 5. CONCLUSIONES

Concluida la investigación se puede afirmar que mediante la prueba 1, el robot hexápodo fue capaz de desplazarse con estabilidad por terrenos accidentados, evitando obstáculos de mayor tamaño y apartando obstáculos de menor tamaño. Con la prueba 2 se puede afirmar que el sistema de detección de variación de temperaturas del robot funcionó correctamente obteniendo resultados precisos a menores distancias entre el objetivo y el robot. Con la prueba 3 y 4, se demostró que el robot fue capaz de adaptarse a escenarios de derrumbe, rural y urbano, localizar personas atrapadas mediante el censado de temperatura y permitir el inicio seguro del rescate. Para futuras investigaciones se recomienda incluir un sistema autónomo de navegación y el uso de tecnologías IoT [9].

## 6. REFERENCIAS

- [1] R. M. J, «Compendio Estadístico del INDECI 2017 - Gestión reactiva,» Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI, Lima, 2017.
- [2] G. Bermúdez, K. Solange y W. Infante, «La robotica en actividades de búsqueda y rescate urbano,» UDistrital, 2004.
- [3] A. Ollero, Robótica Manipuladores y robots móviles, España: Marcombo, 2001.
- [4] A. Sánchez y C. Lopez, Artists, Diseño de un robot hexapodo - hardware y software de control. [Art]. Universidad Politécnica de Vilanova.
- [5] A. Barrientos, C. Balaguer y L. Penin, Fundamentos de Robótica, Madrid: McGraw-Hill, 2007.
- [6] T. Iglesias y E. Bernd, "Aceros Austénicos al Manganeso: Breve reseña historica," pp. 9-14, 2004.
- [7] E. García, Compilador C CCS y simulador proteus para micro controladores pics, Mexico: Marcombo, 2008.
- [8] J. Suárez, Deslizamientos Tomo 1: Análisis Geotécnico, Colombia: Geotecnologia sas, 2009.
- [9] C. Muñoz, R. Castro, R. Palomares, J. Cornejo, "Mechatronics Development of Terrestrial Mobile Robot for Exploring and Monitoring Environmental Parameters at Mine Analogue Sites using IoT Platform," *2020 IEEE XXVII International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, Lima, Peru, 2020, pp. 1-4, doi: [10.1109/INTERCON50315.2020.9220227](https://doi.org/10.1109/INTERCON50315.2020.9220227)

### Los autores:

- (1) Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Ricardo Palma, Jefe de Operaciones certificado en la industria de la imprenta bajo el cargo de Manroland Sheetfed, Jefe de Taller y Mantenimiento de equipos medios y pesados certificado en la industria de construcción bajo el cargo de Ingeniería de la Construcción INGECO. Docente de las asignaturas de computación e inglés en la IEP San Felipe Miraflores.
- (2) Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Nacional de Ingeniería, Doctor en Ciencias de la Educación. Magister en Ciencias de la Educación con mención en Docencia Universitaria, Maestría en Ciencias de la Electrónica con mención en Ingeniería Biomédica. Miembro profesional RAS, ComSoc y EMBS de la IEEE. Docente de las asignaturas de Robótica, Inteligencia Artificial, Mecatrónica Médica y Diseño Mecatrónico de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma. Docente de la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.