

# Use of robotics as a tool for sanitation and lagoon conservation

José Luis Hernández Ameca  
Facultad de Ciencias de la Computación  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,  
Puebla, México  
joseluis.hdzameca@correo.buap.mx

Alberto Uriel Rivera Ortega, María Catalina Ovando  
Chico y Beatriz Pico González  
Posgrados en Planeación Estratégica y Dirección de  
Tecnología.  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla  
Puebla, México  
albertouriel.rivera@upaep.mx,  
mariacatalina.ovando@upaep.mx,  
beatriz.pico@upaep.mx

**Resumen.** Se presenta la primera versión del robot autónomo "JARV-1" diseñado para colaborar en el saneamiento y conservación de lagunas. El robot se desplaza tomando como referencia la orilla de estos depósitos de agua, utiliza una red para la recolección de desechos sólidos. En este trabajo se muestra el diseño, implementación y pruebas de funcionamiento de la herramienta robótica.

**Abstract.** It presents the first version of the autonomous robot "JARV-1" designed to collaborate in the sanitation and conservation of lagoons. The robot moves as a reference the edge of these water tanks, uses a network for the collection of solid waste. This paper shows the design, implementation and functional tests of the robotic tool.

**Keywords—** *Autónomo, Freático, Máquina de Estados, PET, PVC, Robot*

## I. INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de la humanidad los ríos, lagos y lagunas han estado ligados íntimamente al desarrollo de las civilizaciones humanas brindando un equilibrio ecológico y climático, fungiendo como fuentes de vida y en ocasiones como medios de transporte. En el mundo muchas de estas aguas han sufrido una degradación casi paralela al crecimiento de las poblaciones, lamentablemente se han utilizado como basureros de desechos sólidos debido a una cultura nula de prevención y cuidado como se puede ver en la figura 1.



Fig. 1. Laguna de Nichupté Cancún México

En la figura 2 se pueden observar los principales desechos sólidos generados diariamente por la sociedad como plásticos, provenientes de comestibles, productos de limpieza, electrodomésticos, contenedores y bolsas. El unícel principalmente utilizado en platos desechables, molduras y todo tipo de adornos y por último el vidrio con el que se fabrican todo tipo de envases, refractarios, trastes etc.



Fig. 2. Fotografía de laguna contaminada por desechos sólidos

Se han identificado tres principales factores causantes de la contaminación, en primer lugar la sociedad, en segundo las industrias y por último las políticas ecológicas de los gobiernos. Este trabajo se enfoca en el saneamiento y conservación de pequeñas lagunas artificiales "creadas por el hombre" y naturales "como los formados por volcanes, ríos o afloramientos freáticos" donde el principal agente de contaminación es la sociedad. Se ha desarrollado una herramienta tecnológica con el objetivo de recolectar los contaminantes que flotan en la superficie acuática como desechos sólidos, hojas, ramas, pedazos de troncos y algas que en exceso producen perturbaciones en el ecosistema acuático, mal olor y son antiestéticos.

Cabe mencionar que algunas de las funciones que realizan las lagunas en buen estado dentro de los ecosistemas son: mantener el equilibrio ambiental, permitir el desarrollo de flora y fauna, evitan inundaciones, en algunos lugares se utilizan sus aguas para la agricultura y promueven el turismo. Es importante mencionar que las consecuencias la contaminación de dichos cuerpos de agua son mortales para la flora principalmente hidrófila, fauna y organismos marinos, lo que conlleva a la destrucción de ecosistemas, deforestación, destrucción del suelo, y cambios climáticos.

Para realizar esta limpieza se propone el robot JARV-1 que puede recolectar autónomamente la basura evitando riesgos, d, y esfuerzo al ser humano durante dicha actividad. Como ventaja se reducen los costos de mantenimiento a mediano y largo plazo, se optimiza el tiempo de trabajo y el uso de recursos materiales. Este problema se ha abordado desde la perspectiva de la ciencia y el desarrollo tecnológico al servicio de la humanidad y sus futuras generaciones.

## II. CONCEPTUALIZACIÓN

En este trabajo se realizó un robot capaz de moverse sin la intervención del hombre con la misión de recolectar la basura flotante sobre las aguas de las lagunas. Con este robot se evita que el ser humano arriesgue su vida al realizar dicha actividad, debido a la contaminación, visibilidad o difícil acceso. La idea surge gracias a la cercana ubicación del Laboratorio de Sistemas Robóticos "SIRO" a la laguna artificial que se encuentra dentro de Ciudad Universitaria, perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Es ahí donde la observación provocó la inquietud de generar un proyecto que sirva como herramienta tecnología para la recolecta de basura. En la figura 3, se muestra una foto de dicha laguna donde la mayoría de la basura se acumula en su litoral.

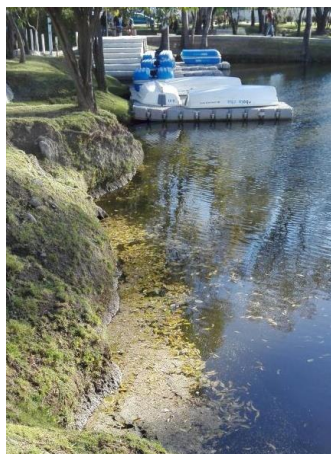


Fig.3. Laguna de Ciudad Universitaria BUAP

Con la identificación de que la mayoría de la basura se concentra en las orillas de las lagunas debido al poco movimiento de sus aguas, el robot se ha diseñado para recorrer la orilla de la laguna manteniendo una distancia constante de 50 cm, como se muestra en la figura 4.

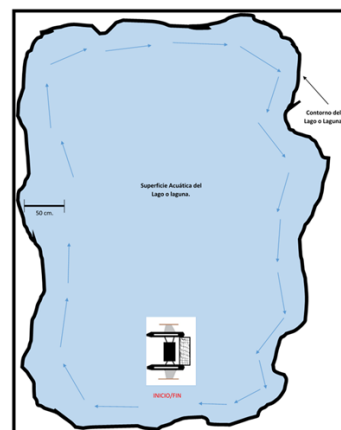


Fig.4. Trayectoria ideal del robot JARV-1

## III. DISEÑO

El robot utiliza un arreglo de sensores ultrasónicos en el rango de los 40 KHz de frecuencia, para ubicarse a una distancia de 50cm de la orilla del lago o laguna, los sensores utilizados se muestran en la figura 5. Los cuales no presentan interferencias de detección por la radiación solar



Fig.5. Sensores ultrasónicos utilizados en el robot

Una vez que el sistema verificó que la distancia es la deseada, se activan dos servomotores con un torque de 20kg c/u alimentados por una batería tipo litio y polímero de 12v, que permiten desplazar al robot durante su recorrido, como en la figura 6.



Fig.6. Servomotores para desplazamiento del robot

Al desplazarse el robot recolecta en una red colocada en su parte trasera la basura que encuentra a su paso hasta que detecta una fuerza de arrastre menor o igual a 5kg, lo cual es la condición para que regrese al punto donde inicio su recorrido. En la figura 7, se muestra una fotografía y las vistas de la estructura del prototipo el cual cuenta con las siguientes dimensiones: 90 cm de ancho, 40cm de largo y 35cm de altura.

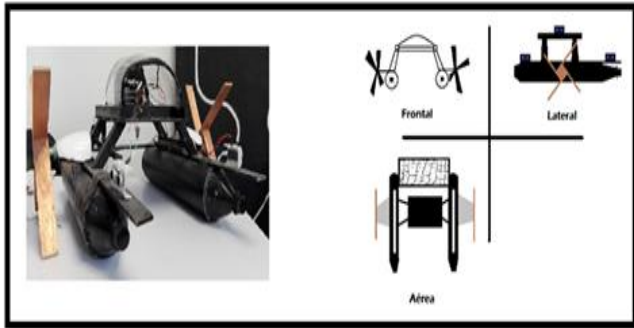


Fig.7. Vistas del robot JARV-1 en perspectiva isométrica

El robot se construyó uniendo un subsistema mecánico, electrónico e informático. La estructura y chasis se realizó con materiales reciclados de computadoras personales como teclado y tapas metálicas, y flotadores de botellas de plástico como se ve en la figura 8.



Fig.8. Material para chasis y flotadores del robot JARV-1

El desplazamiento sobre el agua se realiza mediante un par de hélices acopladas a los ejes de los motoreductores. La comunicación de las señales se hizo mediante alambre del No. 22, como fuente de alimentación se utilizó una batería Sla Power Sonic de 12v y 18Ah. Y una etapa de potencia en circuito impreso capaz de soportar hasta 2A y 20v, como se muestra en la figura 9.



Fig.9. Batería y manejador de voltaje y corriente

El sistema inteligente de control se implementó en un microcontrolador PIC16F877A que se muestra en la figura 10.



Fig.10. Microcontrolador PIC16F877A

Dentro de este microcontrolador se realizó el control del robot mediante una máquina de estados lógicos la cual se muestra en la figura 11, tomándose los estados de: inicio, recorrido, recolección, reubicación y fin.

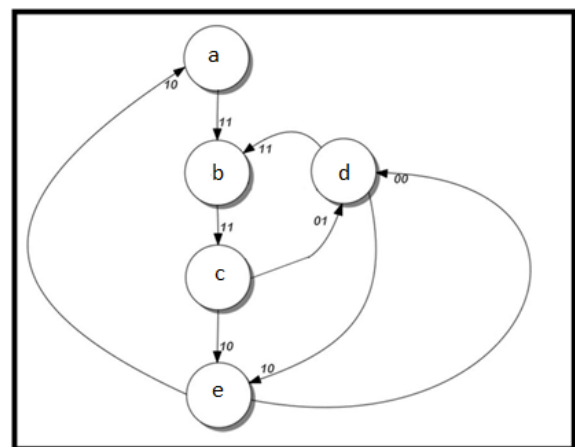


Fig.11. Máquina de estados del robot JARV-1



En la tabla 1 se muestran las entradas X y Y a la máquina de estados.

TABLA I. TABLA DE ESTADOS

| Estado Actual | Entrada |   | Estado Siguiete |
|---------------|---------|---|-----------------|
|               | x       | y |                 |
| a             | 1       | 1 | b               |
| b             | 1       | 1 | c               |
| c             | 0       | 1 | d               |
| d             | 1       | 1 | b               |
| b             | 1       | 1 | c               |
| c             | 1       | 0 | e               |
| e             | 0       | 0 | d               |
| d             | 1       | 0 | e               |
| e             | 1       | 0 | a               |

- a. Punto de inicio
- b. Recorrer laguna
- c. Recolectar basura
- d. Reubicar
- e. Terminar

X = sensor  $\geq 50$  cm

Y = basura  $\geq 5$  kg

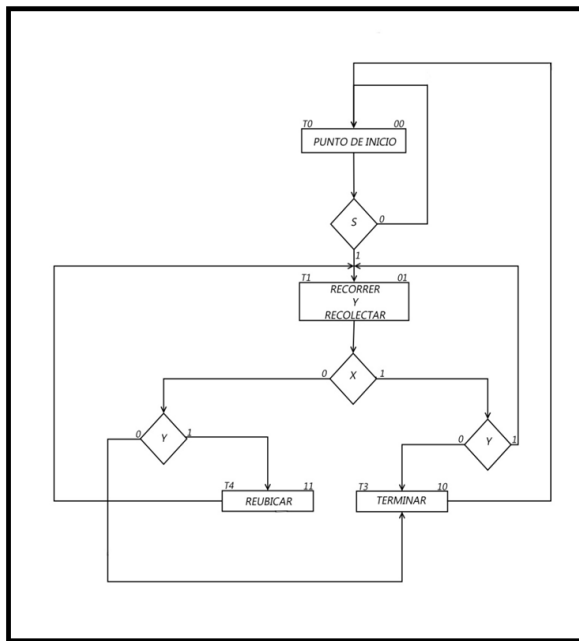


Fig.12 Diagrama de Flujo del Robot JARV-1

El robot parte desde un punto de inicio, tal como se muestra en el la figura 12, donde una condición “S” definida como START indica si el robot inicia su funcionamiento y si no lo hace regresa a un punto inicial. Una vez que el robot ha iniciado su recorrido este entra en un proceso definido como “recorrer y recolectar” el cual solo va a cambiar mediante una serie de condicionales aplicadas a las variables X y Y explicadas en la tabla 1. La primera condicional a tomar en cuenta es sobre la variable X donde se indica la ubicación del robot, si el robot se encuentra ubicado a una distancia menor o igual de 50cm del contorno del lago procede a la evaluación de

una siguiente condicional, ahora sobre la variable Y, donde si el robot cuenta con una cantidad de basura menor o igual a 5Kg sigue su recorrido, en caso contrario, haciendo que la cantidad de basura llegue a un total de 5Kg el robot procede a terminar su proceso y regresar al punto inicial. Si el peso total de basura recolectada por el robot no sobrepasa el máximo de 5kg y se encuentra ubicado a la distancia especificada, este sigue en su proceso de recolecta. En dado caso que el robot no se encuentre ubicado pero ya cuenta con una cantidad menor o igual a 5kg de basura este avanza a un proceso o estado de reubicación. Como caso final, si este no se encuentra ubicado y ya cuenta con la capacidad máxima de basura recolectada el JARV-1 procede a terminar su proceso de trabajo y así regresar a su punto inicial.

#### IV. DESARROLLO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

El robot se construyó dentro del laboratorio SIRO, adaptando materiales al diseño planteado, como botellas de plástico y placas de circuitos impresos. Se probó que la estructura flotara con un peso de 10kg, después se adaptaron los motores con la batería para verificar la potencia y velocidad de desplazamiento, se adaptaron los sensores y la tarjeta de control para tener el ensamblado completo. Por último se cambió la etapa de control realizada en un protoboard por un circuito impreso en el cual se soldaron los componentes con la finalidad de evitar falsos contactos. Las pruebas de funcionamiento se realizaron en la laguna de Ciudad Universitaria como se ve en la figura 13.



Fig. 13. Pruebas de funcionamiento en laguna de Ciudad Universitaria

#### V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En el estado inicial con la red de recolección vacía, el robot recorrió 200 metros en 3.3 minutos, lo que denota que su velocidad máxima de desplazamiento es de 3mt/seg. Cuando la red ha llegado a su capacidad máxima de 5kg de desechos sólidos, la velocidad disminuye al mínimo de 1mt/seg. Por lo que se concluye que la velocidad de desplazamiento disminuye en proporción directa al incremento de desechos sólidos capturados en la red.

Una de las condiciones a cumplir por el sistema de control es mantener al robot siempre a una distancia constante de 50cm con respecto al litoral de la laguna, se observó que el sistema

presento un retraso de 5seg cuando los sensores se encontraron frente a superficies con discontinuidades mayores a un centímetro de longitud.

La lógica de programación del sistema puede implementarse en diferentes tecnologías de hardware y software, así como adaptarse a nuevos requerimientos, restricciones y variables de control.

Con este trabajo se muestra la utilidad de la robótica como una herramienta que evita que el hombre participe directamente en tareas pesadas, monótonas y peligrosas como la limpieza y recolección de basura en lagunas naturales y artificiales. Los beneficios de utilizar este robot en dichas tareas son: evitar contagio de enfermedades, cortes en la piel y riesgos de muerte por ahogamiento.

Las herramientas tradicionales y que actualmente se utilizan para limpieza de desechos sólidos en aguas son: pala, rastrillo de jardinero, redes de polímeros o hilos, palas mecánicas de retroexcavadoras y grúas; las últimas tienen un costo de renta/trabajo entre \$300 y \$3000 pesos mexicanos por hora. El precio de compra para una de estas máquinas se encuentra entre los \$40,000 a los \$2,000,000 de pesos.

En comparación con lo antes mencionado el costo de construcción del robot JARV-1 es muy bajo ya que oscila entre los \$4,000 y \$6,000 pesos mexicanos, debido a que gran parte de la estructura se implementó mediante materiales reciclados como PET y basura proveniente de diferentes equipos electrónicos.

La experiencia ha sido enriquecedora para profesores y alumnos donde se desarrollaron habilidades de creatividad, investigación, comunicación y trabajo en equipo. De esta manera concluimos que es posible generar herramientas útiles para el bien estar de la humanidad.

Como trabajo a futuro, se propone que el robot pueda comunicarse con otros robots para realizar trabajo colaborativo, implementarle algoritmos de inteligencia artificial, mejorar las funciones de los sensores utilizando un sonar, optimizar el consumo de voltaje mediante celdas solares y diversificar sus aplicaciones de limpieza a lagos, presas, mares y ríos, buscando la vinculación entre universidad, gobierno y empresa.

Agradecimientos. A profesores y alumnos que trabajaron en este proyecto, a la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, a la Facultad de Ciencias de la Computación y a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

## REFERENCIAS

- [1] Tanenbaum Andrew S., "Computer Networks" 3ra edition, Prentice-Hall PTR, 1996.
- [2] Roberts M. J., "Señales y Sistemas", McGraw-Hill, 2005.
- [3] Palacios Enrique, Fernando Remiro, Lucas J. López, "Microcontrolador PIC16F84 Desarrollo de Proyectos", Alfaomega, México, 2006.
- [4] Vesga Ferreira Juan Carlos, "Microcontroladores Motorola – Freescale", Alfaomega, México, 2008.
- [5] Mead Carver, "Analog VLSI and Neural Systems", Addison-Wesley Publishing Company, Canada, 1989.
- [6] Boylestad Robert I. Y Nashelsky, Louis, "Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos", Pearson Educación, México, 2009.
- [7] Trinidad García G; López Marín N; Ítalo Cortez J; Cortez L; Ríos Acevedo C. A; García Juárez P; Hernández Amecca J. L: Real-Time Dynamic Level Meter Non-Invasive with Optical Sensor. International Journal of Engineering and Management Research, Vol.5, NO. 6, pp 518-521 (2015).