

TÍTULO: PatoBot, el guardià de l'arròs

Centro: Colegio Luis Vives

Curso y Ciclo: 3º ESO

Tutor/a: Carmen Rubio Alonso

Categoría de concurso: TECNOLOGÍA

Alumnado: Paula Piqueres Grau, Iván Maestro Planells, Joan Alcántara Mulet, Marc Riera Pérez

1. Resumen breve del proyecto y objetivos

El objetivo de este proyecto es el diseño y construcción de un sistema robótico bifase para la vigilancia sostenible del cultivo del arroz. Este robot está mimetizado con el entorno de la Albufera por su forma de pato y fabricado mediante impresión 3D. El sistema funciona en dos fases. Durante la fase de inundación de los campos de arroz, el robot recorre el arrozal siguiendo una ruta programada, midiendo la temperatura del agua y detectando la presencia algas, flora adventicia o huevos de caracol manzana. En la fase de crecimiento, el sistema controla el estado del cultivo con el fin de detectar de forma temprana enfermedades como la piriculariosis y fusariosis (causadas por los hongos *Pyricularia oryzae* y *Fusarium moniliforme*) y anoxia. El robot está dotado de módulos de visión artificial y sensores de temperatura y humedad. Además, la información recogida se envía al agricultor mediante conexión WiFi y geolocalización, lo que permite conocer con precisión las zonas afectadas

El objetivo del proyecto es mejorar la vigilancia del arrozal mediante el uso de robótica e inteligencia artificial, favoreciendo una toma de decisiones basada en datos reales y contribuyendo a una agricultura más eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

2. Material y montaje

El robot está construido con un cuerpo impreso en 3D con filamento PLA, diseñado para flotar y alojar la electrónica en su interior de forma protegida del agua.

El sistema de control se basa en una placa ESP32 con conexión WiFi, junto con dos módulos ESP32-CAM para la captura de imágenes y el análisis mediante inteligencia artificial. Para la monitorización ambiental se utiliza un sensor de temperatura y humedad DHT22, y para la detección de obstáculos un sensor de ultrasonidos resistente al agua JSN-SR04T.

El desplazamiento se realiza mediante dos servomotores de rotación continua SG90 con hélices. El robot incorpora además un módulo GPS NEO 6M para registrar la posición y enviar las coordenadas de las zonas problemáticas al agricultor.

Todos los componentes se integran dentro de la estructura impresa, garantizando estabilidad, flotabilidad y correcto funcionamiento del sistema.

3. Fundamentación: Principios físicos involucrados y su relación con aplicaciones tecnológicas

Principio de Arquímedes: El robot se desplaza sobre la superficie del agua gracias al principio de Arquímedes, según el cual un cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical hacia arriba igual al peso del fluido desalojado.

$$E = \rho \cdot g \cdot V_{\text{sumergido}}$$

Donde E es el empuje, ρ la densidad del agua y V el volumen del robot sumergido. El diseño del cuerpo del robot, impreso en 3D con PLA, tiene un volumen suficiente para desplazar una cantidad de agua cuyo peso compensa el peso total del sistema (estructura, electrónica, motores y batería), permitiendo que el robot flote de forma estable. Además, la correcta distribución de los componentes en el interior del cuerpo garantiza un centro de masas bajo, lo que mejora la estabilidad y evita el vuelco durante el desplazamiento.

Sensor de ultrasonidos: La detección de obstáculos se realiza mediante un sensor de ultrasonidos, que funciona gracias a la propagación de ondas sonoras de alta frecuencia (inaudibles para el ser humano). El sensor emite un pulso ultrasónico que se propaga por el aire. Cuando este pulso choca contra un objeto, se refleja y regresa al sensor. Midiendo el tiempo que tarda el eco en volver y conociendo la velocidad del sonido en el aire, el sistema calcula la distancia al obstáculo mediante la relación: $\text{distancia} = (\text{velocidad del sonido} \times \text{tiempo}) / 2$

Sensor de humedad y temperatura: El DHT22 es un sensor digital que integra dos componentes físicos para monitorizar el entorno. Para la humedad, utiliza un sensor capacitivo compuesto por un polímero que altera su capacidad eléctrica al absorber vapor de agua; para la temperatura, emplea un termistor NTC, una resistencia que varía su conductividad según el calor ambiental. Un microcontrolador interno convierte estas variaciones físicas en una señal digital, que envía a la ESP32 mediante un protocolo de un solo hilo, garantizando una lectura precisa y estable frente a interferencias.

Módulo GPS: El funcionamiento de un módulo GPS para Arduino se basa en la trilateración satelital, un proceso físico donde el receptor calcula su posición midiendo el tiempo que tardan en llegar las señales de radio emitidas por los satélites en órbita. Cada satélite envía un mensaje con su ubicación exacta y la hora precisa de emisión (dictada por un reloj atómico); al recibirlo, el módulo mide el retraso de la señal y, sabiendo que esta viaja a la velocidad de la luz, determina la distancia exacta hacia ese satélite. Al cruzar las distancias de al menos cuatro satélites (tres para la posición espacial y uno adicional para



sincronizar el tiempo del receptor), el módulo identifica el punto matemático donde convergen todas las señales, traduciendo esa física en datos de latitud y longitud.

Cámaras de visión artificial: Las cámaras del robot capturan imágenes gracias a la radiación electromagnética en el espectro visible, que se refleja en los objetos del entorno y entra en el sensor de la cámara. Cada imagen está formada por píxeles que registran diferentes intensidades de luz y color. Estas imágenes son procesadas mediante algoritmos de inteligencia artificial, que analizan patrones visuales para identificar huevos de caracol manzana, flora adventicia, síntomas de la enfermedad de la pirculariosis.

Comunicación inalámbrica y ondas electromagnéticas: El envío de datos e imágenes al agricultor se realiza mediante conexión WiFi, basada en la transmisión de ondas electromagnéticas. Estas ondas transportan información codificada a través del espacio sin necesidad de cables, aplicando principios de propagación electromagnética utilizados en telecomunicaciones, satélites, telefonía móvil y redes de sensores distribuidos.



4. Funcionamiento y Resultados: observaciones y medidas.

Durante la fase de inundación, el robot ejecuta un recorrido programado en el que el sensor de ultrasonidos actúa como filtro de seguridad al detener el avance ante cualquier obstáculo detectado. En este proceso, la cámara realiza un análisis visual inteligente: localiza focos de algas y puestas de huevos de caracol manzana, vinculando estas apariciones a coordenadas geográficas precisas mediante el módulo GPS para informar al agricultor vía WiFi. También mide de forma continua la temperatura del agua,

Al pasar a la fase de espigado, se emplea la cámara IA para contrastar el estado de las hojas con patrones de enfermedades como la pirculariosis, fusiariosis y anoxia. Esta inspección visual se complementa con la monitorización del sensor DHT22, que mide la temperatura y humedad ambiental para que el sistema calcule probabilísticamente el riesgo de infección. Si se confirma la presencia del hongo o se detectan condiciones ambientales críticas, se dispara una alerta automática.

Para la presentación del proyecto en la feria, se ha dispuesto un escenario de simulación que recrea las condiciones de un arrozal en miniatura. En este entorno, el robot navegará sobre una superficie acuática controlada donde se simulan puestas de caracol manzana o algas. En la segunda fase se dispone de imitación de plantas con síntomas visuales de enfermedades. De este modo, los asistentes podrán observar en tiempo real cómo el sistema de visión artificial detecta las amenazas y envía las alertas y coordenadas GPS al dispositivo receptor.

Como resultado de esta implementación, se espera lograr una detección localizada y temprana de problemas que permita reducir drásticamente las intervenciones químicas innecesarias. Esto conlleva un control exhaustivo y en tiempo real del estado del cultivo, garantizando una gestión más eficiente y, sobre todo, una mayor protección del delicado ecosistema del arrozal.

5. Conclusiones

El sistema robótico desarrollado demuestra que es posible aplicar la robótica, la programación y la inteligencia artificial a un problema real del entorno cercano.

Gracias al uso de sensores, visión artificial y comunicación inalámbrica, el robot permite una vigilancia continua del arrozal, detectando plagas, algas y enfermedades de forma temprana y precisa.

Este enfoque favorece una agricultura sostenible y de precisión, reduce el impacto ambiental y acerca al alumnado a tecnologías utilizadas actualmente en el sector agrícola.

Además, el proyecto conecta la innovación tecnológica con un cultivo tradicional, fomentando el respeto por el medio ambiente y el desarrollo de soluciones responsables para el futuro.

6. Bibliografía

- Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).** (2023). *Proyecto Detectoryza: Monitorización inteligente de plagas y enfermedades en el cultivo del arroz*. Portal oficial del IVIA.
- Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).** (2021). *Manual de buenas prácticas en el cultivo del arroz*. Servicio de Sanidad Vegetal. Conselleria de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Universitat Politècnica de València.** (2014). *El cultivo del arroz: Malas hierbas*. [Archivo de vídeo]. www.youtube.com.
- Universitat Politècnica de València.** (2012). *El cultivo del arroz: Introducción y labores de preparación*. [Archivo de vídeo]. www.youtube.com
- Universitat Politècnica de València.** (2014). *Control biológico de plagas en el arroz*. [Archivo de vídeo]. www.youtube.com
- Lozano Leyva, M.** (2005). *De Arquímedes a Einstein: Los diez experimentos más bellos de la física*. Barcelona
- Santaolalla, J.** [Date un Voltio]. (2015, 1 de septiembre). *¿Cómo funciona el GPS?* [Archivo de Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=8tL-UBNsCv8>
- Espressif Systems.** (2023). *ESP32-CAM Development Board User Guide*.