

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

1. Título o denominación del proyecto

Diseño y fabricación de un velero autónomo no tripulado de 3.2 metros de eslora para la Primera Regata de Veleros no Tripulados - Saildrone organizado por la Marina de Guerra del Perú.

2. FACULTAD

Facultad de Ingeniería (Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica) - Facultad de Ciencias Biológicas

3. EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

Estudiantes y Egresados.

| | |
|---------------------|-----------------------------|
| Nombres y Apellidos | Harold Cohen Gutiérrez Baca |
| Facultad | Ingeniería Mecatrónica |

| | |
|---------------------|-----------------------------|
| Nombres y Apellidos | Jhonatan Jefry Huanca Damas |
| Facultad | Ingeniería Mecatrónica |

| | |
|---------------------|---------------------------|
| Nombres y Apellidos | Jose Luis Zamora Olazabal |
| Facultad | Ingeniería Mecatrónica |

| | |
|---------------------|-----------------------------|
| Nombres y Apellidos | Ronald Josué Chicche Mamani |
| Facultad | Ingeniería Mecatrónica |

| | |
|---------------------|----------------------------|
| Nombres y Apellidos | Danilo André Luque Mercado |
| Facultad | Ingeniería Mecatrónica |

| | |
|---------------------|-------------------------------|
| Nombres y Apellidos | Víctor Manuel Gonzales Blanco |
| Facultad | Ingeniería Mecatrónica |

4.0 RESUMEN

Pathfinder es un velero autónomo multicasco con una eslora total de 3.2 m diseñado para competir en la primera regata de veleros a radio control y no tripulados - Marina de Guerra del Perú, una competición en la que varios robots náuticos nacionales intentan completar un recorrido de forma autónoma.

El Pathfinder tiene una estructura multicasco que le brinda una mayor estabilidad y velocidad, su sistema de navegación está alimentado por conjunto de celdas solares y una batería de litio.

Durante su trayecto, Pathfinder tiene que soportar las condiciones climáticas desfavorables, evitar toda colisión y tomar el rumbo más rápido para culminar una ruta de 2 KM en el menor tiempo posible, mientras transmite su posición por telemetría a una estación terrestre en tierra en tiempo real.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

Actualmente la tecnología permite identificar problemas en el ambiente mediante el uso de sistemas electromecánicos. Es plenamente conocido el uso de vehículos autónomos no tripulados como por ejemplo drones aéreos y terrestres. Asimismo existen vehículos no tripulados marinos que en los países desarrollados se utilizan para recolectar datos referidos principalmente a la contaminación marina.

En el Perú existe una gran contaminación en los mares y lagos, debido a los derrames de petróleo, desechos de minas y desechos de industrias pesqueras, esta contaminación se ve reflejada en la salud humana y en las especies marinas. Sin embargo, no existen empresas dedicadas a la construcción de vehículos marinos no tripulados que puedan detectar los problemas ambientales mencionados.

En este contexto este proyecto tecnológico tiene como finalidad, diseñar y fabricar un velero autónomo no tripulado de 3.2 metros de eslora y con una autonomía de 3 meses alimentado por celdas solares, tiempo en el que recolecta datos a través de los sensores y los transmite a la estación.

¿Mediante qué equipo se puede realizar el monitoreo y el muestreo, en tiempo real y de manera automática, del mar y lagos de Perú? de control terrestre.

6.0 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La presente investigación tecnológica se enfocará en el diseño y construcción de un velero autónomo no tripulado de 3.2 metros de eslora para el muestreo y monitoreo de la calidad del agua en el mar de Grau. Este trabajo permitirá realizar un monitoreo de la contaminación, a su vez se almacenará el histórico de datos en un sistema de gestión de la información para luego implementar un plan de acción que nos permitirá reducir la contaminación.

7.0 ANTECEDENTES

Saildrone es un dron marino de navegación autónoma desarrollado por la empresa Ocean Climate Stations que actualmente está siendo usado como una herramienta para realizar observaciones oceánicas y atmosféricas de alta calidad. Con una velocidad en el agua de

2 a 8 nudos, tienen un alcance de más de 16000 millas náuticas y una autonomía de hasta 12 meses.



A-Tirma es un velero autónomo diseñado y construido por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, presentado en la División de Robótica y Oceanografía Computacional.



AVALON es un velero autónomo diseñado para el RETO MICROTRANSAT, una competencia en la que varios robots de vela internacionales están tratando de cruzar el Océano Atlántico de forma autónoma. Durante su crucero desde el sur de Irlanda al Caribe, AVALON tiene que soportar varias condiciones climáticas desfavorables. Vientos dentro de un rango de 10 hasta 50 nudos y olas pronunciadas con una altura de unos 9 metros pueden ocurrir especialmente alrededor de la costa irlandesa.



Tritón es un velero autónomo desarrollado por la compañía Ocean Aero, es un vehículo híbrido de energía eólica y solar que puede operar sobre y hasta 200 m debajo del mar.

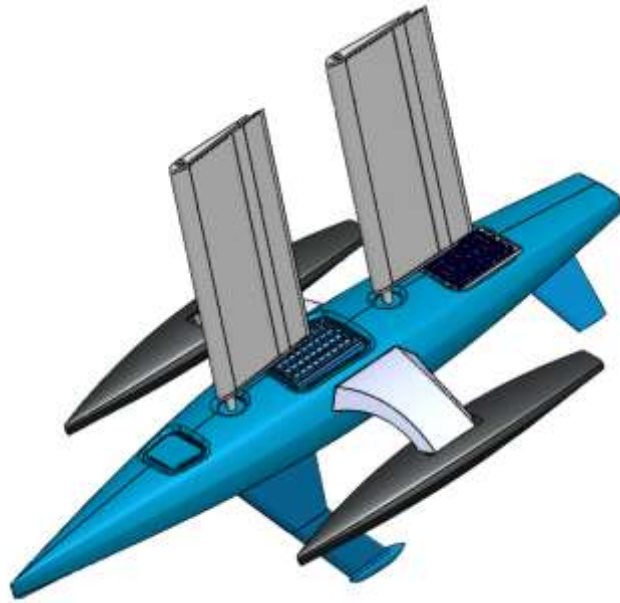


8. METODOLOGÍA

ESTRUCTURA Y MECÁNICA

El pathfinder es una embarcación autónoma propulsada por energía eólica, cuyos sistemas de navegación y comunicaciones son alimentados por una batería de litio de 24v 15 A y paneles solares.

El cuerpo principal posee un casco redondeado de canto duro para garantizar su estabilidad y mantener el rumbo. La duplicidad de las velas y timones están pensadas para asegurar la continuidad de la navegación, incluso en condiciones adversas como la rotura de alguno de los elementos mencionados, así mismo, contribuyen con un mayor control direccional y estabilidad de rumbo. Una superficie más generosa en la quilla junto a los estabilizadores, a costa de un pequeño aumento de resistencia, favorece la estabilidad direccional y resistencia de vuelco.



Especificaciones

- MATERIAL:**
- Fibra de vidrio
 - Madera
 - Perfiles de Aluminio 4040
- AUTONOMIA:**
- 2 Meses de Autonomia
- SISTEMA DE NAVEGACIÓN:**
- Conexión a estación de tierra via Xbee
 - Cámara 360 para monitoreo.
 - Sistema de evasión autónoma
 - Alcance: 4 km
- SENSORES:**
- Anemómetro
 - Sensor de dirección de viento
 - Sensor de nivel de agua
 - Encoder Magnético
 - Encoder Rotacional
 - GPS & Brújula
 - Sensor de distancia

Figura 1: Diseño final del PATHFINDER

DISEÑO MECÁNICO

Para el direccionamiento de las velas se usarán 2 sistemas de transmisión Corona - piñón accionados por un servomotor de reductor de acero de 60 KG de torque



Los cuáles serán apoyados por un sistema de frenos de disco y 2 calipers para un ahorro de consumo energético.



Estos 2 mecanismos aseguran un óptimo desempeño en el funcionamiento de las velas rígidas del velero autónomo.

DISEÑO ELECTRÓNICO

Alimentación y control eléctrico

La alimentación eléctrica principal es dado por una batería de litio de 24v con una capacidad de 20 A usando como módulo de protección eléctrica el BMS 3S 12V 40A que nos permite proteger la batería contra descargas en las celdas internas al momento de cargar la batería y manteniendo un funcionamiento constante en la salida del voltaje, de esta batería principal se sacarán múltiples voltajes para distintas etapas eléctricas a usar como 5v para la alimentación del microcontrolador y sensores o 7v para alimentación del servomotor.

Para incrementar la autonomía del SAILDRONE y aumentar la duración de la batería se agregaron múltiples paneles solares que alimentarán la batería y será controlado el flujo de corriente mediante el microcontrolador.

Adquisición de datos

La adquisición de datos se hizo usando el protocolo de comunicación I2C que nos permite la utilización de múltiples sensores diseñado como un BUS maestro-esclavo lo que nos da la ventaja de no saturar las entradas digitales del microcontrolador

Sensores I2C utilizados

Gy 511 : Sensor magnetómetro

Sht30 : Sensor de humedad y temperatura

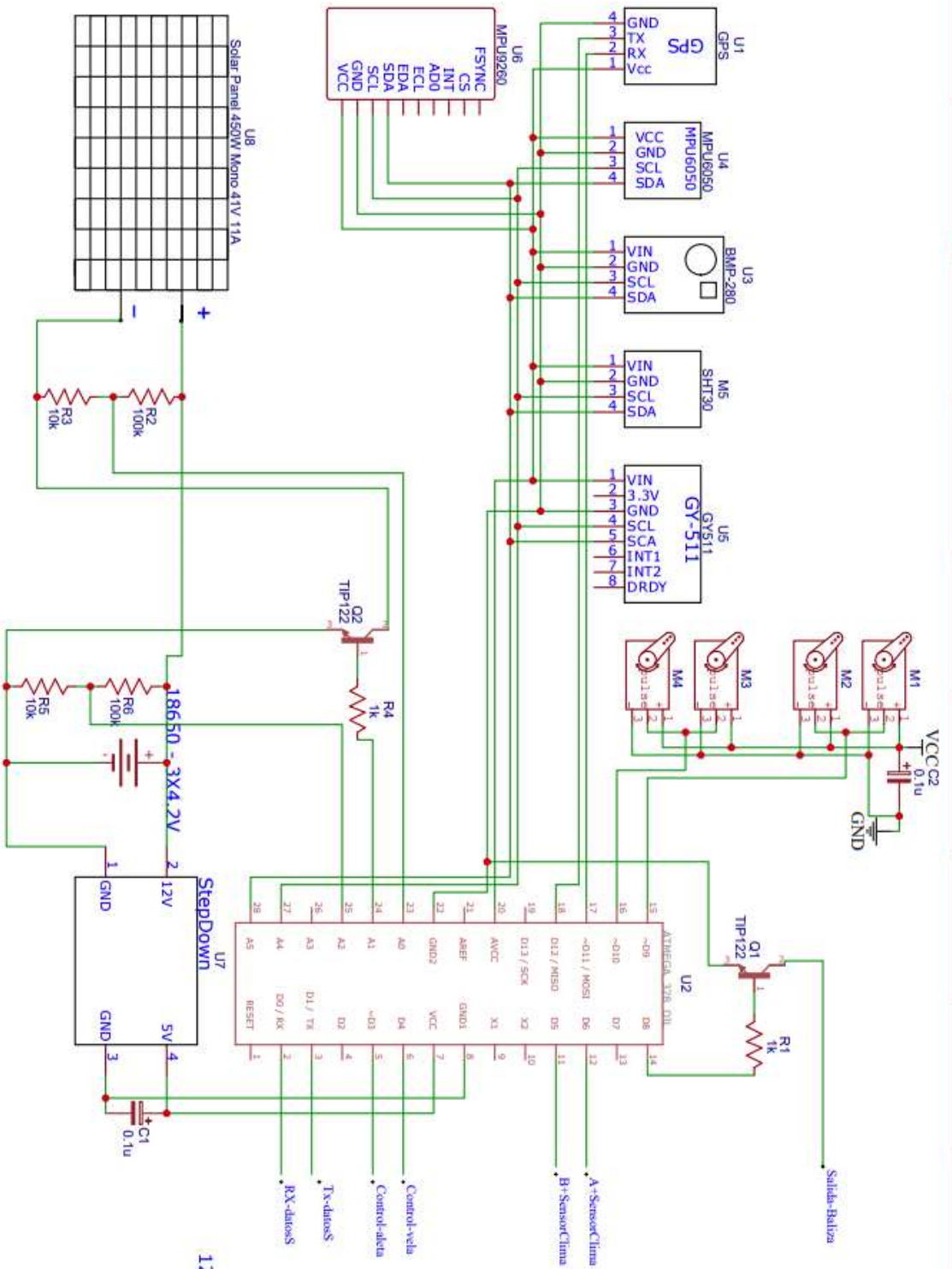
BMP280 : Sensor de presión atmosférica

MPU 6050: Sensor lateral de movimiento 6 ejes

MPU 9250: Sensor central de movimiento 9 ejes

Comunicación y transferencia de datos obtenidos

La transmisión de datos en la interfaz gráfica a la estación en tierra se realiza mediante la red XBEE utilizado por el Raspberry Pi que procesa la cadena de caracteres recibidos y separará los datos como posición GPS, velocidad del viento, dirección del viento, velocidad del vehículo, humedad, temperatura, presión atmosférica, orientación magnética.



TITLE: Saildrone

Company: Datzon

Date: 2022-11-06 Drawn By:

REV: 1.01

Sheet: 1/1

SOFTWARE

Planeamiento de Ruta y Evasión de Obstáculos

Con la planificación de rutas se busca encontrar la trayectoria óptima desde una posición inicial hasta un punto final o meta, esto evitando los diferentes obstáculos que pueda haber entre estos dos puntos. Estos algoritmos se pueden dividir en 2 tipos según el grado de información que se tenga del entorno: basado en información de mapas globales y basados en mapas locales. El funcionamiento de la planificación de rutas consta de 2 fases: la obtención del modelo del entorno y la estrategia de planificación de ruta. La obtención del modelo del entorno consiste en conseguir información que describa la ubicación espacial de obstáculos, señales, etc., es decir un mapa espacial. (Liu, 2020)

La evasión de obstáculos es un problema de toma de decisiones. Siendo una parte esencial del planeamiento de ruta, permite reajustar la ruta predeterminada según el mapa del entorno cambie.

A este punto se debe considerar la Convención Internacional de Regulaciones para Prevenir Colisiones en el Mar (COLREGs, por sus siglas en inglés). Este reglamento considera las acciones necesarias frente a un incidente, señalización y verificación de su cumplimiento. Para este proyecto se enfocará en la Parte B de Dirección y Navegación y las 3 secciones que lo componen (reglas 4-19) (Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 (COLREGs), n.d.):

- Sección 1: Conducta de navíos en cualquier condición de visibilidad
- Sección 2: Conducta de navíos a la vista de otros
- Sección 3: Conducta de navíos en visibilidad restringida

Con estas consideraciones, en la siguiente figura podemos ver en qué punto entra a tallar el algoritmo de evasión de colisión. También podemos ver que se requiere de determinados datos sobre el entorno en la parte de adquisición de información, el análisis de estos datos para organizar estos datos de forma que den un modelo del entorno, posteriormente entra el algoritmo de toma de decisiones que es donde nuestro sistema de evasión será ejecutado aprovechando la información de las fases previas. Nuestro sistema tiene como salida las instrucciones a tomar para continuar con la ruta (Burmeister & Constapel, 2021).

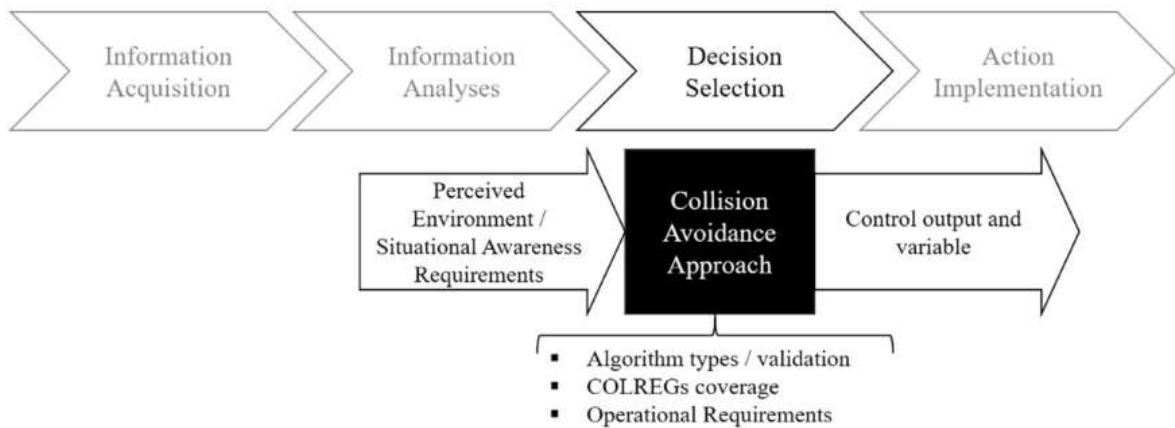


Figura. Asociación de la evasión de obstáculos en términos de automatización. Tomado de Autonomous Collision Avoidance at Sea: A Survey, 2021

Panel de control y monitoreo del Velero

El velero al ser un vehículo autónomo no tripulado necesita un panel de control y monitoreo, para esto planteamos el desarrollo de una interfaz web de código propio.

Como primer punto se realizó un análisis de las funcionalidades necesarias a integrarse, se proyectó las siguientes funcionalidades:

- Interfaz con resumen del estado actual del velero.
- Interfaz de la lectura de los sensores.
- Interfaz con el velero 3d para monitorear inclinación.
- Interfaz para el planeamiento de ruta del velero.
- Interfaz para el monitoreo en tiempo real de la posición del velero.
- Interfaz para el control manual del velero.
- Interfaz para el histórico de datos importantes.
- Interfaz de configuración de variables importantes del velero.

Con estas funcionalidades se definió el lenguaje, el framework y la base de datos que nos facilitarían la integración de lo que requerimos.

El Panel de control y monitoreo del Velero se divide en tres tecnologías diferentes:

- Frontend: JavaScript bajo el framework de React con Three Js para la interfaz 3d del velero.
- Backend: NodeJs bajo el framework de Express con SocketIo para la comunicación en tiempo real y SerialPort para la lectura de datos enviados al Xbee.
- Base de datos: Firebase para el almacenamiento de datos y lectura de datos en

tiempo real.

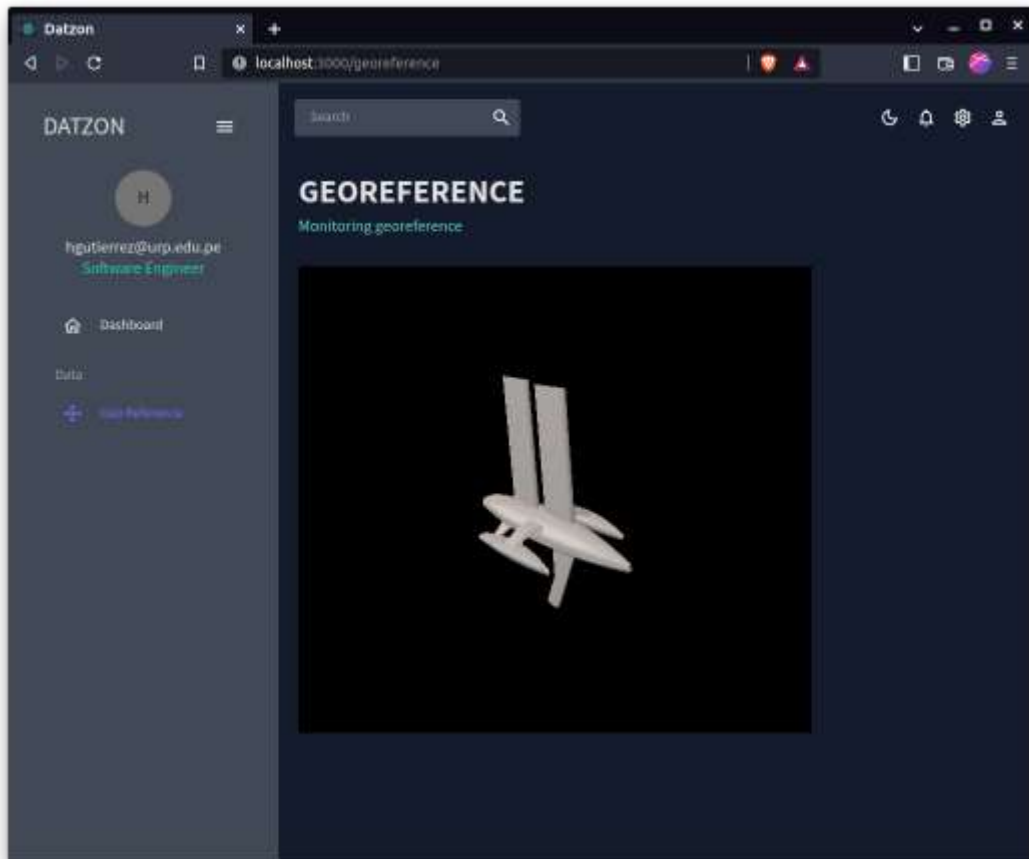


Figura. Primera versión del Panel de control del velero. Fuente Propia

9. PRUEBA EN LAGUNAS DE CHILCA



10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akiyama, T., Bousquet, J.-F., Roncin, K., Muirhead, G., & Whidden, A. (2021). An engineering design approach for the development of an autonomous sailboat to cross the Atlantic Ocean. *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*, *11*(17), 8046. <https://doi.org/10.3390/app11178046>
- Chacón Mosquera, E., Manich Vallès, C., Sastre Caballol, J. A., Mesegué Basallo, J. E., & Fernández-Cantí, R. M. (2021). Desarrollo e instrumentación de un velero autónomo de 2 metros de eslora para la recogida de datos oceanográficos. In *XLII JORNADAS DE AUTOMÁTICA: LIBRO DE ACTAS* (pp. 13–20). Servizo de Publicacións da Universidade da Coruña.
- Domínguez-Brito, A. C., Valle-Fernández, B., Cabrera-Gámez, J., Ramos-de-Miguel, A., & García, J. C. (2016). A-TIRMA G2: An oceanic autonomous sailboat. In *Robotic Sailing 2015* (pp. 3–13). Springer International Publishing.
- Erckens, H., Beusser, G.-A., Pradalier, C., & Siegwart, R. (2010). Avalon. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, *17*(1), 45–54. <https://doi.org/10.1109/mra.2010.935792>
- Rynne, P. F., & von Ellenrieder, K. D. (2010). Development and preliminary experimental validation of a wind- and solar-powered autonomous surface vehicle. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, *35*(4), 971–983. <https://doi.org/10.1109/joe.2010.2078311>