

Diseñando una alternativa autónoma para los ríos y mares de la República Argentina.



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

Lucas Ezequiel Arevalo
Abril 2021

Universidad Del Salvador.
Facultad de Ingeniería en informática.
Proyecto final

Tabla de Contenidos

Abstract	9
Capítulo 1. Introducción	10
Objetivo	10
Barreras	11
Relevancia del proyecto	12
Capítulo 2. Metodología y procedimientos	13
Metodología de la investigación:	13
Metodología de la dirección del proyecto	15
Entregables	16
Capítulo 3. Síntesis de literatura consultada	17
Ecosistema Arduino.	17
❖ 18	
❖ 19	
❖ 21	
Estándar CubeSat.	22
❖ 23	
❖ 24	
Limnología	25
❖ 26	
❖ 28	
Flotabilidad y Reflote.	29
❖ 30	
❖ 31	
❖ 33	
❖ 35	
Estado del Arte	36
❖ 38	
Capítulo 4. Justificación técnico-económica	44
❖ 45	
❖ 45	
❖ 48	
❖ 50	
❖ 50	
Capítulo 5. Presentación de Resultados	53
❖ 54	
Prototipos.	54
❖ 55	
● 56	
● 57	



•	58	
•	62	
•	65	
•	67	
❖	69	
•	70	
•	71	
•	73	
•	75	
•	78	
❖	79	
•	80	
•	84	
•	86	
❖	90	
❖	94	
Unidad 6: Conclusiones		93
Referencias bibliográficas		95
Libros		95
Papers		95
Sitios web		96
Otras fuentes		96



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

Lista de figuras

Figura 1 - Diagrama de alcance del proyecto.	15
Figura 2 - Diagrama de Gantt	16
Figura 3 - Diferentes placas (Boards) y Sensores Arduino. (Fuente: Hackster.io)	17
Figura 4 - “La historia y evolución de los micro-controladores Arduino” (Fuente: Core-Australia Electronics.)	19
Figura 5 - Los primeros Cubesats desarrollados en Cal Poly (Fuente: CubeSat Design Specification Rev.14, 2021, p.7)	22
Figura 6 - La familia y escala de los CubeSat (1U-12U) (Fuente: CubeSat Design Specification Rev.14, 2021, p.8)	23
Figura 7 - Interfaces de dispensadores. (Fuente: CubeSat Design Specification Rev.14, 2021, p.19)	24
Figura 8 - El ecosistema acuático. (Fuente: Modificada de Clapham (1973), 2018, Fundamentos de la Limnología Neotropical, P 17)	26
Figura 9 - Variación de la densidad y temperatura del agua. (Fuente: tomada de Schwoerbel (1971), 2018, Fundamentos de la Limnología Neotropical, P 17)	27
Figura 10 - Zonas principales en las que se divide un lago. (Fuente: 2018, Fundamentos de la Limnología Neotropical, P 23)	28
Figura 11 - Principio de Arquímedes. (Fuente: 2020, Blog la física y Arquímedes, lafisicayarquimedes.blogspot.com)	31
Figura 12 - Reflote de un buque con globos de aire comprimido. (Fuente:2017, Diario Mallorca Diario, mallorcadiario.com)	32
Figura 13 - Recuperación del Astrid por la compañía Blue ocean. (Fuente: 2014, Sitio-web, atantictowage.com)	34
Figura 14 - Tabla Materiales para cascos. (Fuente: Wang et al, 2009. Revista Science Direct 11 (2014), P6)	35
Figura 15 - Primer robot Submarino POODLE. (Fuente:2018, Fundación Rebikoof-Niggeler, rebikoff.org/history/)	37
Figura 16 - Diferentes robots Submarinos y sus métodos de propulsión. (Fuente: 2014, Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial 11, P 10)	41
Figura 17 - NodeMCU Amica.	54
Figura 18 - Breadboard con NodeMCU sentado en ella.	56
Figura 19 - Sensor Ph-4502c y Boquilla de medición E201-BNC	57
Figura 20 - Primera prueba de calibración y conexión Ph-4502c Utilizando café para medir la acidez en comparación de agua y leche.	59
Figura 21 - Sensor DS18B20 Temperatura	60
Figura 22 - Diagrama electrónico DS18B20	61
Figura 23 - Sensor Barométrico BMP 280.	63
Figura 24 - Demostración de código: Web Server	65
Figura 25 - Demostración de código: loop()	65
Figura 26 - Demostración de código: Interfaz web Prototipo 1	66
Figura 27 - Prototipo 2, sensores conectados en la base de madera y alimentado por batería externa.	67
Figura 28 - Base de madera.	68

	8
Figura 29 - Primera manga a prueba de agua para los sensores externos.	69
Figura 30 - Segunda manga a prueba de agua para los sensores externos.	70
Figura 31 - Primer casco de PVC.	71
Figura 32 - Primer casco: Prueba de Impermeabilidad.	72
Figura 33 - Segundo casco: Frasco de vidrio.	73
Figura 34 - Segundo casco: Prueba de impermeabilidad.	74
Figura 35 - Prototipo 2: Alimentado por batería externa	75
Figura 36 - Prototipo 3: prueba de sensores previa a las pruebas finales.	76
Figura 37 - Prototipo 3: Casco final, prueba volumétrica.	77
Figura 38 - Prototipo 3: Casco final. Prueba de impermeabilidad.	78
Figura 39 - Prototipo 3: Línea y recuperación.	79
Figura 40 - Prototipo 3: Casco final preparado para ser sumergido.	80
Figura 41 - Prototipo 3: Alerta de datos recuperados.	81
Figura 42 - Prototipo 3: Datos obtenidos visto desde Celular.	82
Figura 43 - Prototipo 3: Prueba final.	83
Figura 44 - Prototipo 3: Completamente sumergido.	84
Figura 45 - Prototipo 3: Resultados obtenidos	84
Figura 46 - Prototipo 3: Estado del vehículo luego de las pruebas.	86
Figura 47 - Resultados Hpa	87
Figura 48 - Resultados temperatura	88
Figura 49 - Resultados Ph	89
Figura 50 - Resultados Temperatura y Presión	90
Figura 51 - Resultados Costanera de Campana – Río Paraná – provincia de Buenos Aires.	91
Figura 52 - Resultados Entregable recuperado luego de una medición.	93
Figura 53 – Resultados – PH, Mediciones Río Paraná.	94
Figura 53 – Resultados – Temperatura y Profundidad, Mediciones Río Paraná.	95

Abstract

En este trabajo se analiza, estudia y se produce una alternativa tanto económica como reutilizable en la forma de una sonda sumergible que pueda extraer datos de carácter científico en los cuerpos de agua de la nación argentina.

Se presenta un estudio sobre las tecnologías utilizadas para lograr este objetivo. Un marco teórico que envuelve todos los conceptos claves y necesarios para la producción de un prototipo adecuado que pueda sobrevivir el medio acuático, incluyendo: Arduino, el estándar CubeSat, la Limnología, Reflote y la historia de otras alternativas de carácter remoto entre otras.

También se realizaron análisis y diseños previos al desarrollo, tanto de carácter técnico como económicos para asegurarse de la factibilidad del proyecto además de la identificación de riesgos, junto con sus correspondientes mitigaciones.

Finalmente, se propuso un desarrollo en 3 etapas de la sonda en cuestión. Siguiendo principios físicos y una estructura de datos expandibles, se realizaron pruebas controladas en un cuerpo de agua, extrayendo datos como: Profundidad, Temperatura y Ph. Se encontraron resultados prometedores y la aprobación de un profesional de campo para un desarrollo continuo en el futuro.

Capítulo 1. Introducción

Objetivo

El objetivo principal de este proyecto es lograr el diseño y desarrollo de un vehículo autónomo, inspirado bajo los logros recientes de la industria Aeroespacial, que facilite la exploración e investigación en campos de ciencias ofreciendo una alternativa de menor costo, sencilla y rápida. Este vehículo propuesto deberá poder desplazarse por un cuerpo de agua desde la superficie hasta el fondo. Contando con un espacio modular para el acoplamiento de sensores o pequeños instrumentos para la medición y obtención de datos. En primera instancia, el alcance del prototipo está limitado a que pueda resolver tareas simples para el campo científico de la geología, tomando como principal el área hidrológica.

Dentro de los objetivos específicos del proyecto, se mencionan:

- ❖ Diseñar un vehículo útil para la investigación geológica en ríos y mares.
- ❖ Determinar sensores apropiados para la investigación geológica.
- ❖ Producción de un prototipo funcional que cumpla con las funciones básicas establecidas por el proyecto.

Barreras

La utilización de pequeños vehículos para el estudio científico y muestreo de datos, se ve restringida, por motivos similares a aquellos encontrados de la industria Aeroespacial. Principalmente, la falta de desarrollo y estudio para este tipo de tecnologías, dejándolas de lado en favor de otras más tradicionales.

Se toma como un ejemplo, todo aquello relacionado con el estándar “CubeSat” (Kargieman, 2011) de bajo costo y gran acceso para así lograr una mejora en esta industria de investigación científica.

Actualmente el acceso a este tipo de tecnología es muy dependiente y específico de la rama científica a la que esté apuntada. Si bien, este tipo de vehículos existen desde 1970 siendo utilizados en el estudio de los mares, la medicina e incluso la atmósfera terrestre, no existen alternativas universales que se prestan para cualquier tipo de campo de la misma forma que el estándar CubeSat permite. Es decir, un diseño que sea sencillo de modificar y adaptar basado en los requerimientos de cada caso específico, sin necesidad de invertir mucho capital.

Finalmente se tienen en cuenta las restricciones y limitaciones del diseño mismo. Siendo el alcance de este proyecto mantener no solo un costo relativamente accesible, se consideran los siguientes desafíos/barreras físicas:

- ❖ Tipo de movilidad del vehículo. Teniendo en cuenta fuerza, potencia, oruga, esfera. (Se considera una oruga.). ¿Cómo se recupera luego después de su uso? (Reflote).
- ❖ Sensores. ¿Cuáles de estos están disponibles en el ecosistema Arduino? ¿Cuáles pueden ser utilizados para el alcance? ¿Cómo lidiar con su consumo y precio?

- ❖ Código. ¿Cómo lidiar con distintos terrenos? Función de factibilidad, manejo de la batería, últimos registros y envío de datos en caso de falla catastrófica; entre otros.



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

Relevancia del proyecto

La relevancia del proyecto es la captación de información que permita asistir al campo de estudio de la geología, con mapeos o relevamiento de información a través de sensores donde el ingreso de un vehículo más grande, de sensores más caros o de un ser humano resulta no rentable o no posible.



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR