

Análisis de la dinámica de natación, sumergimiento y emergimiento de un prototipo robótico acuático

Angel Huaraz, Bernabé Oscco, Jose Curioso, Jose Mayorga, Leonardo Macetas, Victor Cuyotupac

Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica Universidad Ricardo Palma
Santiago de Surco, Lima, Perú

202012386@urp.edu.pe, 202010634@urp.edu.pe, jose.curioso@urp.edu.pe,
202010628@urp.edu.pe, 202010132@urp.edu.pe, 202010627@urp.edu.pe,

Abstract - The purpose of this project is to create a robotic prototype capable of swimming at a considerable speed, this can be used in various ways, for rescue and / or ocean research, trying to use to a large extent the shape of the movement of the sailfish that has as a characteristic the shape of a dart when moving at high speed thanks also to its lack of scales that make its coefficient of friction with water is minimal, with this research we would separate its specific characteristics from any other fish, application engineering in them, as it is in the form of cutting water through its elongated beak, managing to create a prototype capable of carrying a person at a high speed to help any drowning victim, obtaining a lot of efficiency at the moment not only of being transported but also when transporting floats through a strategic compartment Located in the belly of the robotic prototype.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene dirigido su desarrollo con el fin de justificar y comprobar las distintas leyes o fórmulas aplicadas en el curso de mecánica de fluidos, el trabajo está pensado en el desarrollo de un robot acuático con forma de pez con la capacidad de nadar y mantenerse sumergido bajo el agua aplicando las leyes de la mecánica en los fluidos, uno de los objetivos de este prototipo es identificar zonas dentro del mar a una velocidad considerable, para hacer esto decidimos en conjunto inspirarnos en el pez más rápido que existe, el cual es el Pez Vela. De donde pudimos extraer ideas como la Biomimética del mismo y su bajo coeficiente de fricción en su piel, debido a que el pez vela no tiene escamas como la mayoría de los peces.

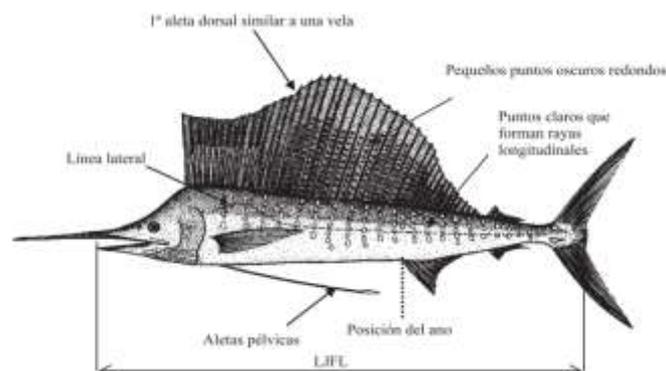


Figura 1: Partes del pez vela

Este se desarrollará en distintos pasos desde el desarrollo y construcción del mecanismo, el modelado de las piezas del robot con ayuda de programas especializados como inventor, hasta la elección del material que se usará en la chasis del prototipo para su posterior desarrollo, el principal objetivo será alcanzar altas velocidades logrando superar a diversos dispositivos con la capacidad de nado rápido en el mar e implementar un sistema de aviso y/o rescate de personas en el mar, ya que se ha visto que el problema de defunciones por ahogamientos de personas de entre 1 a 24 años en todas las regiones del mundo en el mar es muy notorio en la actualidad y no se han encontrado diversas soluciones a este problema.

I. LOCOMOCIÓN DE LOS PECES

Durante el movimiento ondulatorio y oscilatorio, los músculos de los peces se contraen y expanden para producir ondulaciones similares a ondas 'S' en sus cuerpos. Estas ondas permiten que el pez ejerza una fuerza a través de su cuerpo y cola con un ángulo de ataque positivo sobre el agua que empuja el agua hacia atrás.

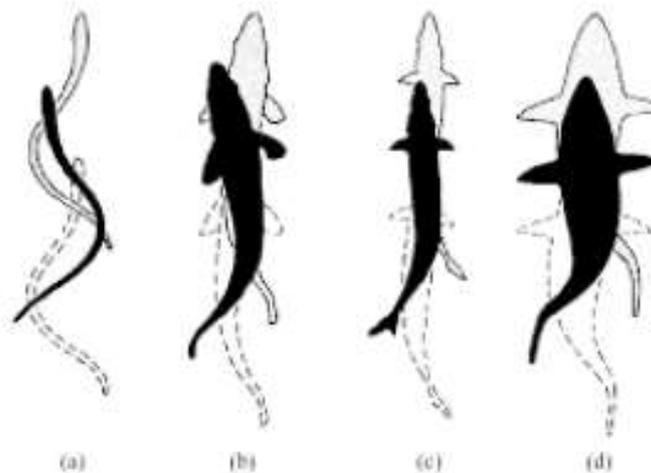


Figura 2. Locomoción de los peces

Conforme con la mecánica newtoniana basada en la tasa de flujo másico, tanto en el desplazamiento ondulatorio como en el oscilatorio, todo el cuerpo y/o la cola del pez nadan por medio de una masa de agua cada segundo (m/dt), que acelera hacia atrás a una rapidez (dv). Esta acción crea una fuerza hacia atrás $F = ma = m/dt * a$

A. LISTA DE MATERIALES

- Plástico ABS (Filamento)
- servomotores
- Impresora 3D

TABLA I
COMPONENTES UTILIZADOS (PROYECTO-PROTOTIPO)

Servomotor SG90 x2	Placa Expansora de Arduino Nano	Plástico Impermeable (ABS)
		
Arduino Nano	Puentes H-H y M-H	Impresora 3D
		
Pulidora Manual		
		

III. MOVIMIENTO DEL PEZ

Para poder lograr que el prototipo pueda imitar el movimiento del pez vela, graficamos la función de este en 2D en el programa GeoGebra clásico. La función del Gráfico 1 tiene forma de onda la cual es bastante semejante al movimiento del pez vela desde una vista superior

$$f(x) = \sin(x)$$

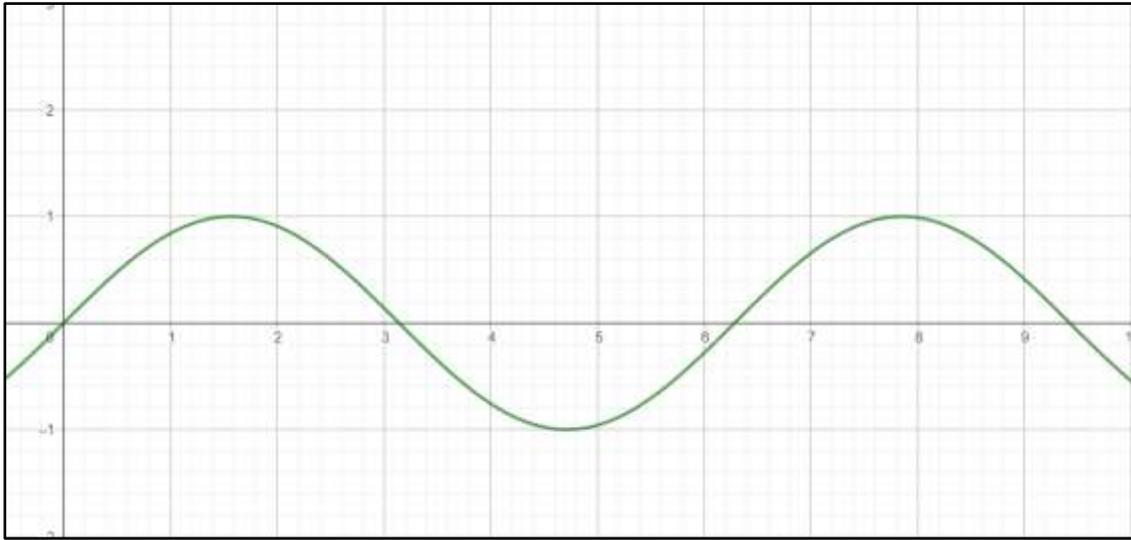


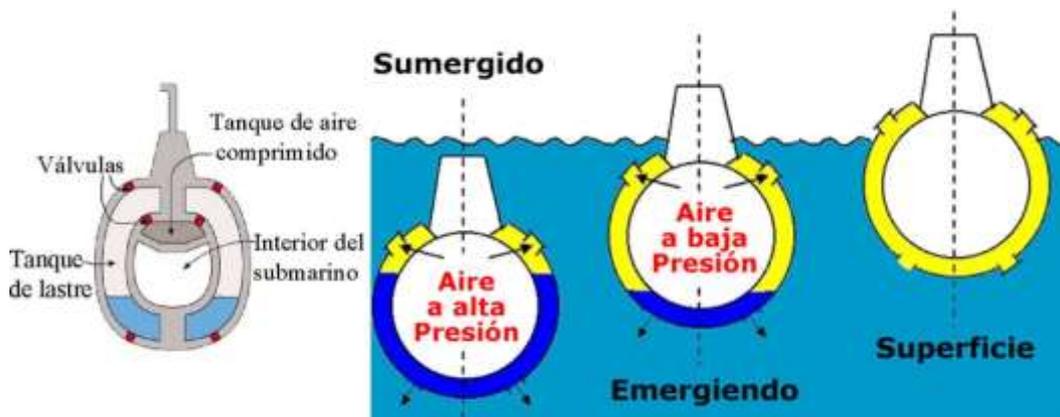
Gráfico 1: función senoidal

IV. FÓRMULAS RELACIONADAS AL CURSO

- Principio de Arquímedes:

El principio de Arquímedes es el principio físico de afirma: “Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo experimenta un empuje vertical hacia arriba igual al peso del fluido desalojado”. Esta fuerza recibe el nombre de empuje hidrostático o de Arquímedes, y se mide en newtons.

$$E = P_e V = \rho_f g V \quad (1)$$



O bien cuando se desea determinar para compararlo contra el peso del objetivo:

$$\mathbf{E} = -P_e \mathbf{V} = -\rho_f \mathbf{g} V \quad (2)$$

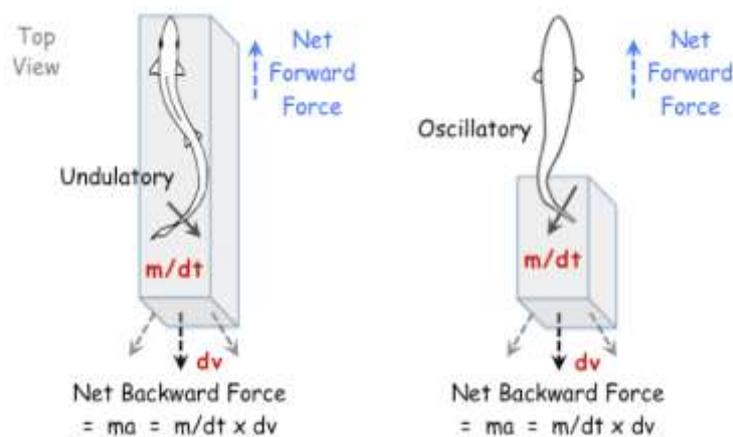
donde E es el empuje [N], Pe es el peso específico del fluido [N/m³], ρ_f es la densidad del fluido, V el «volumen de fluido desplazado» por algún cuerpo sumergido parcial o totalmente en el mismo y g la aceleración de la gravedad. De este modo, el empuje depende de la densidad del fluido, del volumen del cuerpo y de la gravedad existente en ese lugar. El empuje (en condiciones normales nota 2 y descrito de modo simplificado nota 3) actúa verticalmente hacia arriba y está aplicado en el centro de gravedad del cuerpo; este punto recibe el nombre de centro de carena.

- Fuerza de arrastre:

$$F_D = C_D A \frac{\rho V^2}{2} \quad (3)$$

- Coeficiente de fricción:

$$C_D \text{ fricción} = f F \frac{D}{4} \quad (4)$$

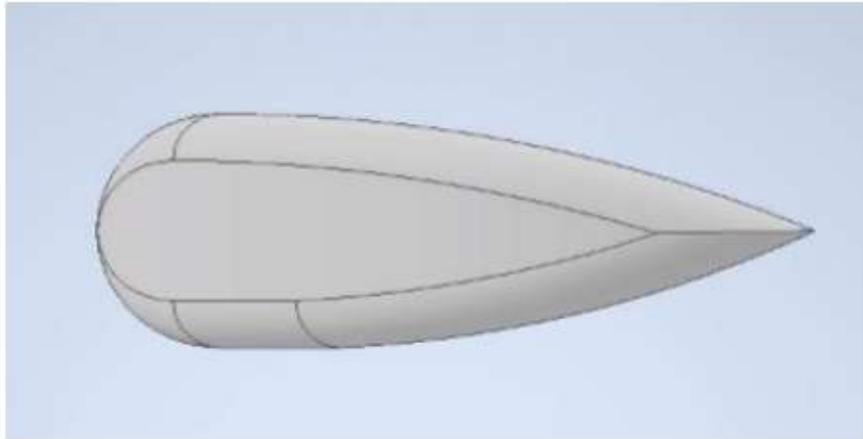


V. DISEÑO

A. Aleta primera versión

Planos aleta:

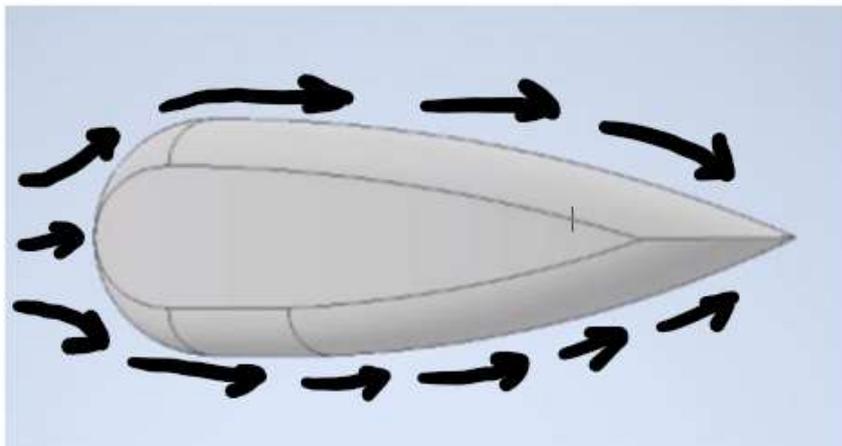
- Aleta-Vista lateral



“Vista lateral de La Aleta - Inventor 2022”

Figura 4.1. Aleta 1er diseño

- Reacción del fluido frente a la pieza:

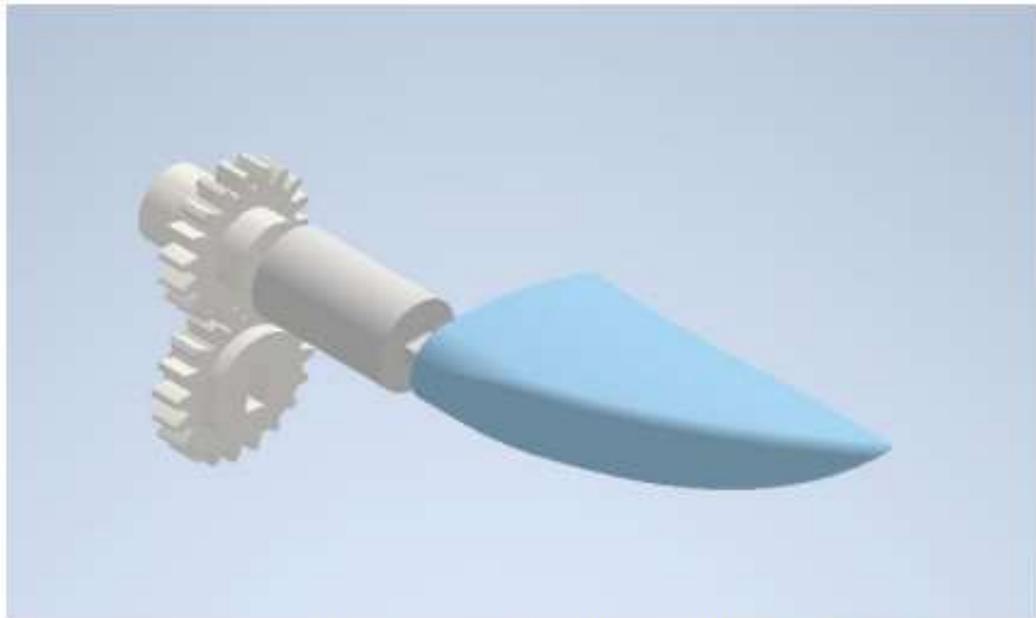


“Vista lateral de La Aleta - Inventor 2022”

Figura 4.2. Reacción del fluido al 1er diseño

Este fue nuestro primer diseño de aleta, el cual tuvo bastantes problemas, debido a que como se logra ver en la Figura 4.2, al ser una pieza gruesa esta no nos favorece al momento de tener un buen corte en el agua si no por el contrario esta ejercería cierto arrastre al momento de alcanzar altas velocidades.

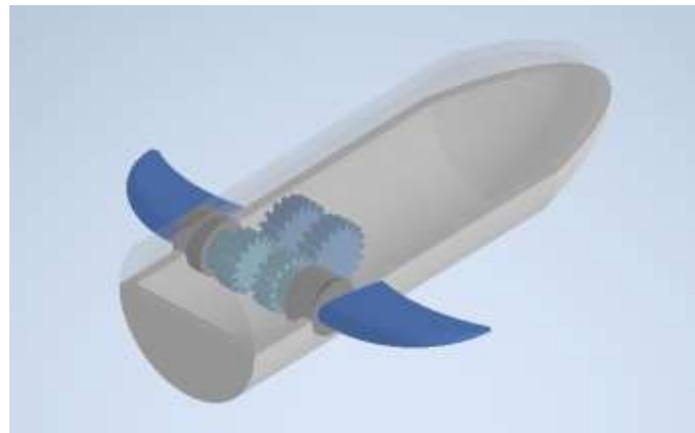
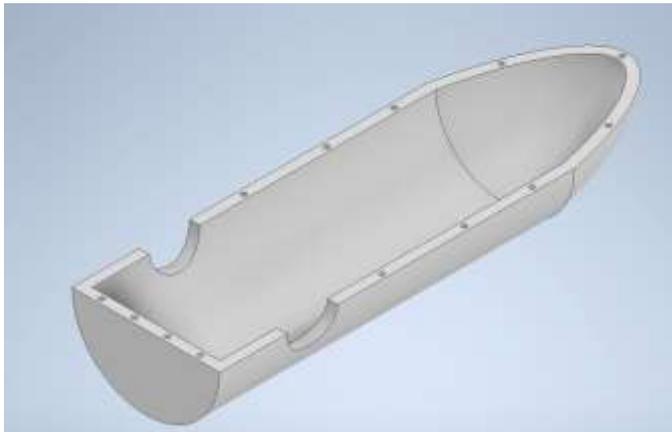
- **Mecanismo de la aleta:**



“Aleta de pez - Mecanismo - Inventor 2022”

Este fue nuestro primer mecanismo, lo descartamos debido a que este ocuparía mucho espacio, fue algo que no logramos tener en cuenta debido a eso rediseñamos todo el mecanismo.

B. Diseño del cuerpo 1era versión



Nuestro primer diseño final consistía en en el cuerpo de nuestro prototipo aun sin cabeza y sin cola, sin embargo un factor que no tomamos en cuenta era el de el cuerpo original del pez, por ello decidimos rediseñar enteramente nuestro concepto del 1er diseño.

C. Aletas versión final

Planos aleta

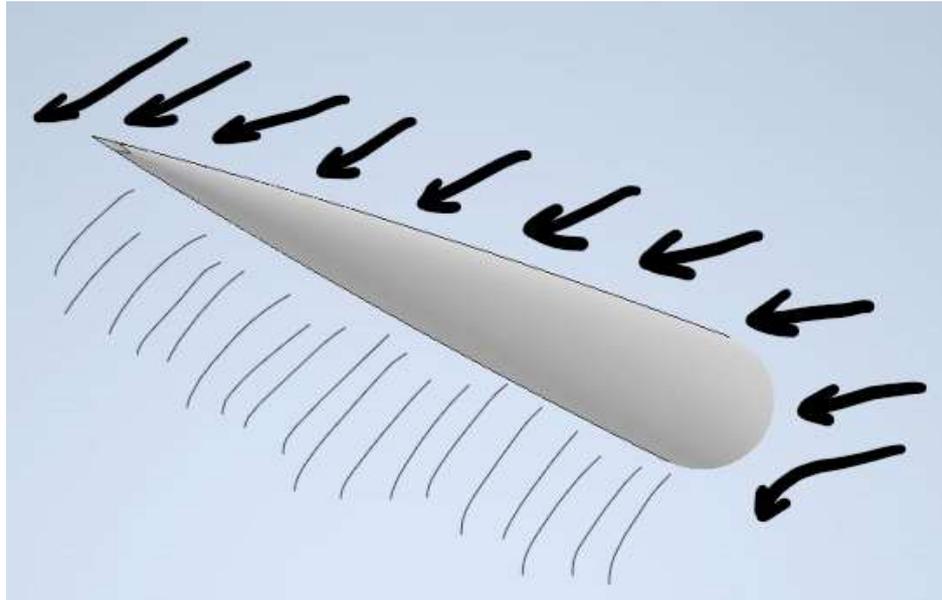


Figura 5.1. Aleta inclinada 45° hacia arriba

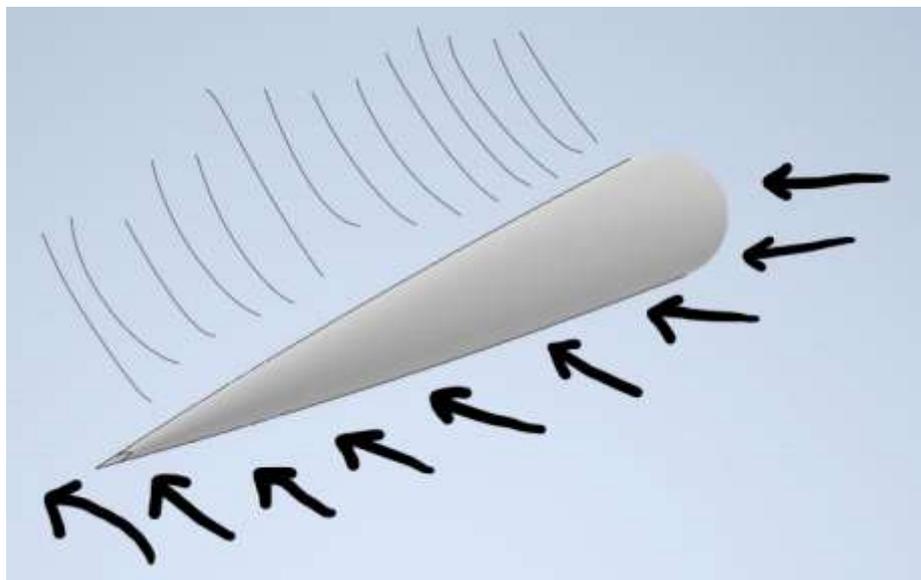


Figura 5.2. Aleta inclinada 45° hacia abajo

Ya en nuestra versión final mejoramos la aleta haciendo que esta sea más delgada y puntiaguda, logrando un mejor corte de agua y menor arrastre al momento de nadar, también agregamos giros con un servomotor que logra exactamente mover la pieza 45° para poder sumergir y emerger con el prototipo.

Mecanismo de las aletas:

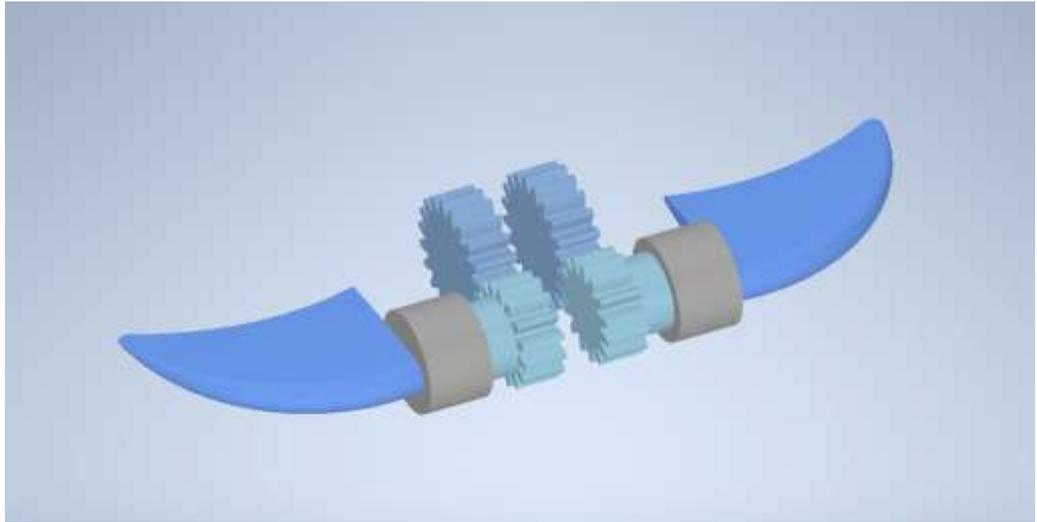


Figura 6. Mecanismo optimizado de las aletas

En este mecanismo lograremos hacer que el diseño está más comprimido sin afectar el propósito del mismo, debido a que al ser más pequeño se puede lograr tenerlo en el diseño final del cuerpo el cual si respetaría las biomimética en su totalidad del pez vela.

D. Diseño final del cuerpo

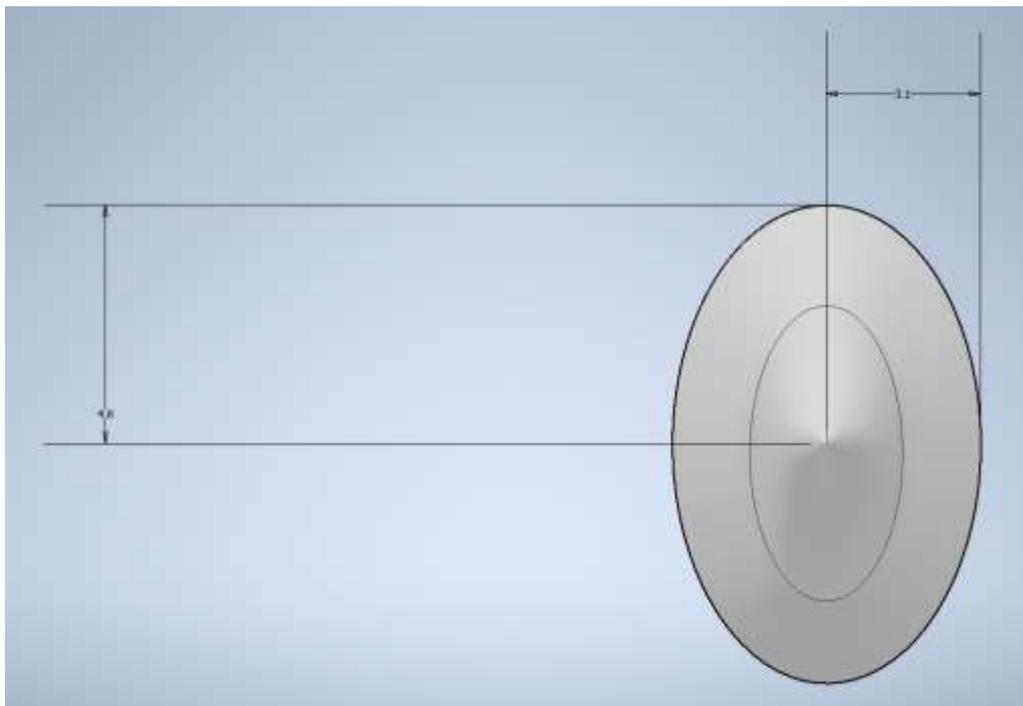


Figura 7.1. Vista Frontal del diseño final

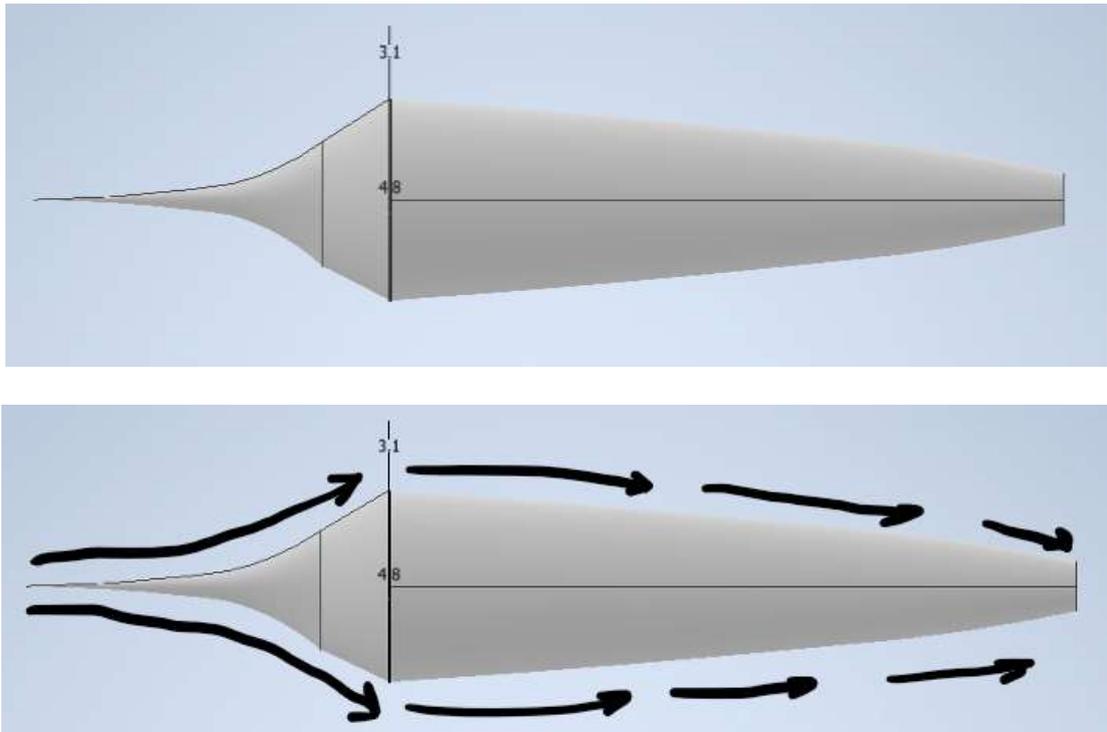


Figura 7.2. Vista lateral del diseño final y reacción del fluido

Este diseño final es el que más se adecúa a la biomimética del pez vela, pero quien más tiempo de impresión tardará debido a muchos factores, sin embargo este sería el cómo se hubiera visto nuestro prototipo en su base final, con un uso de aletas totalmente controlables a control remoto o vía bluetooth

El prototipo básico está basado en un pequeño chasis montado por 2 servomotores en el cuello y en la cola del pez, el cuello será quien dirija el pez en el agua cuando este esté a bajas velocidades, en grandes velocidades se hará uso de aletas en el futuro prototipo, en la sección de la cola se maneja un servomotor el cual está ligado con una cinta elástica para que dentro del agua la misma fuerza del agua sumada con la del servo actúen como forma de onda al momento de nadar.



Figura 2: Diseño del prototipo

VI. PRUEBAS Y RESULTADOS

A. Boceto De Estructurales De La Cola 1

Optamos por el uso de un conjunto de piezas desarmables, las cuales pueden ayudarnos a transformar las oscilaciones en una ola constante variable dependiendo su velocidad de giro.

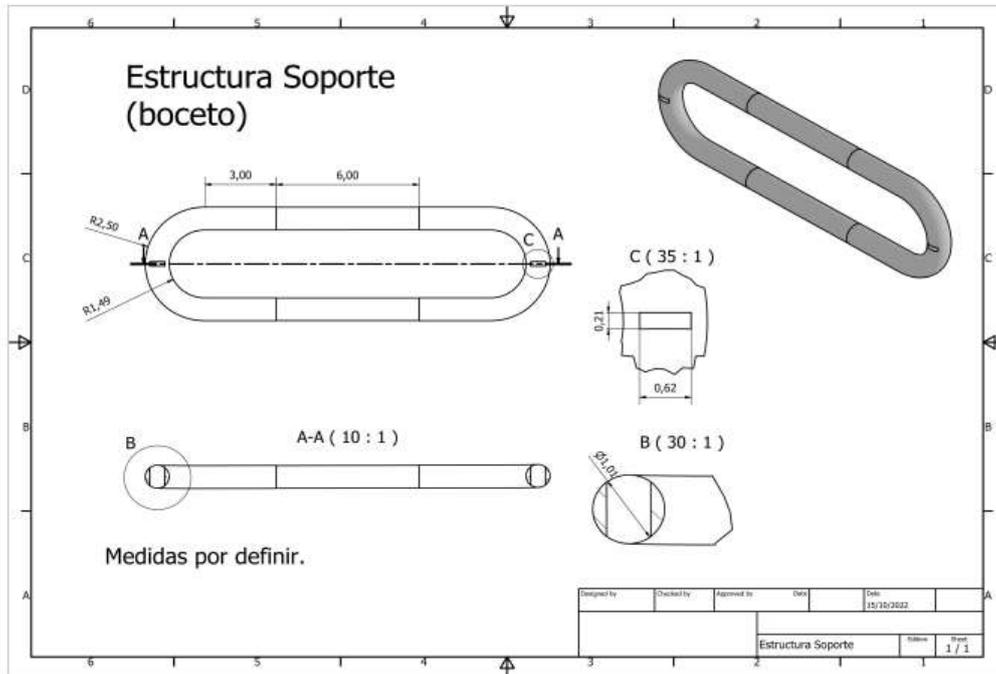


Figura 3: Boceto de la estructura soporte

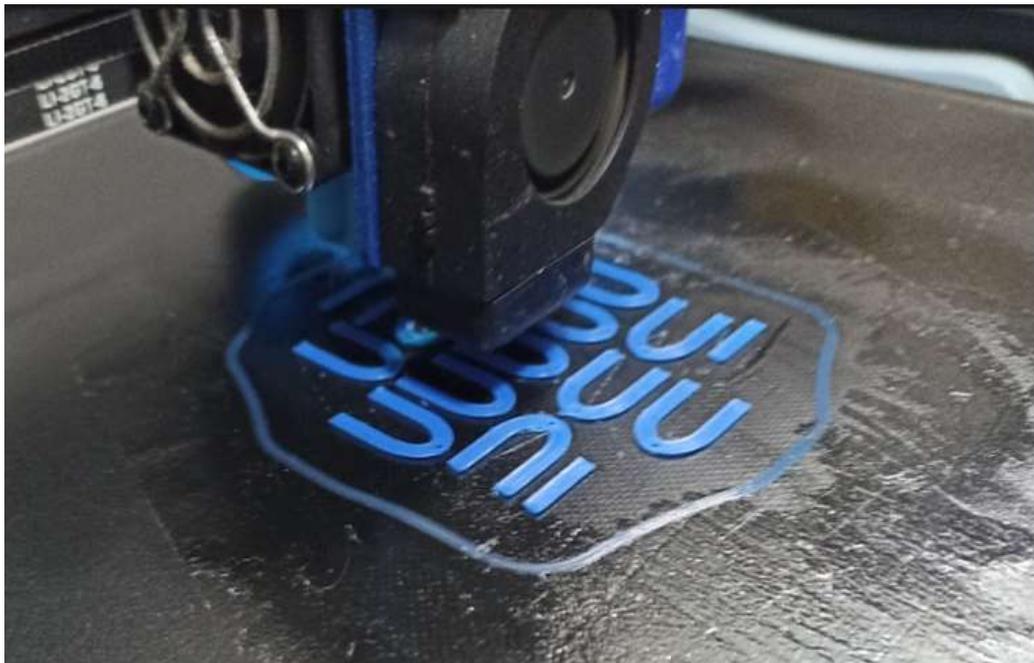


Figura 4: Impresión de la estructura soporte

B. Estructura cola 2

Optamos por el uso de un servomotor y un elástico ya que con la cola 1 no generaba la suficiente fuerza para el nado del pez, asimismo con el elástico se refleja el movimiento del servomotor al estar sumergido en el agua. De esta manera obtuvimos el movimiento de onda buscada.



Figura 5: Cola 2

C. Resultados obtenidos

Al momento del nado, evidencian las velocidades y lo que tenemos que reestructurar en nuestro diseño, basándonos en medidas exactas con las cuales nuestro empuje sea mayor y alcance una velocidad considerablemente alta. En este nuevo diseño, el pez logra mantener una estructura más delgada sin embargo falta implementar el concepto del pico para el corte del agua, aquí nos ayudó mucho la instalación de aletas al momento de nuestra estabilización, el sumergimiento y emergimiento de nuestro prototipo.



Figura 6: Prototipo en funcionamiento

VII. CONCLUSIONES

Se concluye que el pez vela, es una gran inspiración mecánica, así como lo es el ave que fue inspiración para el desarrollo del tren bala, tratamos de recrear esta morfología y método para el desarrollo de este trabajo, por ello se fundamenta el uso de este animal como investigación en este paper.

En este proyecto, se estudia el pez vela que utiliza un movimiento basado en la sustentación con un movimiento de aleteo y un movimiento basado en el arrastre para la locomoción, además la investigación de peces robóticos se centra en la actuación mecánica, los materiales y el control del movimiento.

VIII. RECOMENDACIONES

Para lograr un mejor prototipo finalizando el proyecto, haciendo una pieza robótica con un fin de práctica total y funcional tendríamos que luchar contra varios factores, muy aparte de solo sumergirlo, la estructura, el internet dentro del agua que es el Aqua Wifi y muchas otras variables a dar, como proyecto académico pensamos ha sido un éxito.

IX. REFERENCIAS

- [1] Perfil VT mi. Tecnología de los Plásticos [Internet]. Blogspot.com. Disponible en: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/>
- [2] Wikipedia contributors. Acrilonitrilo butadieno estireno [Internet]. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Acrilonitrilo_butadieno_estireno&oldid=144821
- [3] abax3d. PLA y otros materiales de impresora 3D: Características de filamentos [Internet]. Abax Innovation Technologies. Abax3D; 2020 . Disponible en: <https://abax3dtech.com/2020/11/20/pla-y-otros-materiales-de-impresora-3d-caracteristicas-de-filamentos/>
- [4] Colaboradores de los proyectos Wikimedia. "Acrilonitrilo butadieno estireno - Wikipedia, la enciclopedia libre". Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Acrilonitrilo_butadieno_estireno.
- [5] "Filamento PLA: ¿Conoces su historia y características?" Abax Innovation Technologies. <https://abax3dtech.com/2020/10/19/filamento-pla-conoces-su-historia-y-caracteristicas/>.
- [6] "ABS vs PLA: Comparación de filamentos para impresión 3D". All3DP. <https://all3dp.com/es/2/abs-vs-pla-filamento-impresion-3d-plastico/>.
- [7] "Filamento PLA: historia y características". Interempresas. <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/354074-Filamento-PLA-historia-y-caracteristicas.html>.
- [8] Sagong, W., Kim, C., Choi, S., Jeon, W. P., & Choi, H. (2008). Does the sailfish skin reduce the skin friction like the shark skin?. *Physics of Fluids*, 20(10), 101510.
- [9] Domenici, P., Wilson, A. D. M., Kurvers, R. H. J. M., Marras, S., Herbert-Read, J. E., Steffensen, J. F., ... & Krause, J. (2014). How sailfish use their bills to capture schooling prey. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1784), 20140444.
- [10] Landell-Mills, Nicholas. (2021). How fish swim according to Newtonian physics; and how to win a swimming race.