

Departamento
de Diseño:

**TRABAJO
DE GRADO**

David Alejandro Restrepo

Ingeniería en Diseño Industrial
Departamento de Diseño
Medellín 2023



**DISEÑO Y DESARROLLO DE
ALETAS PARA NADADORES,
EFICIENTES Y ECONÓMICAS,
INSPIRADAS EN LA
MORFOLOGÍA DE ANIMALES
ACUÁTICOS.**

David Alejandro Restrepo Mesa

Asesor (es):
Laura Camila Domínguez Trabajo de Grado I
Camilo Rivera Vásquez Trabajo de Grado II

Instituto Tecnológico Metropolitano
Facultad de Artes y humanidades
Departamento de Diseño
Medellín 2023

AGRADECIMIENTOS

Es más que pertinente agradecer a quienes de alguna forma ayudaron a la realización de este proyecto. A los asesores de proyecto de grado uno y dos Laura Camila Domínguez y Camilo Rivera Vásquez, ambos profesores del Instituto tecnológico metropolitano, quienes constantemente hicieron uso de sus conocimientos para guiar mi proceso y realización del proyecto. Al área de diseño de la misma institución a quien le debo parte de mis conocimientos como Diseñador industrial, a los profesores en el área de materiales industriales y afines, Diana Claudia Muñoz y Mauricio Gaviria Gonzales a quienes agradezco por intervenir de manera oportuna y concisa en temas puntuales de la ingeniería de materiales, a Sebastián Molina Martínez entrenador de natación clásica y natación con aletas, quien constantemente ayudo al proyecto para tener una mejor apreciación de los conceptos de las aletas y su eficiencia. Por ultimo y no menos importante al profesor Ever Patiño Mazo a quien le agradezco por sus explicaciones referentes al análisis morfológico.

David Alejandro Restrepo Mesa



ESTUDIANTE

Cédula 1037632688

Correo davidrestrepo176530@correo.itm.edu.co

RESUMEN

El proyecto “Diseño y desarrollo de aletas para nadadores, eficientes y económicas inspiradas en la morfología de animales acuáticos” se centra en la creación de aletas de natación eficientes mediante la aplicación de conceptos de biomimética con el fin de resolver el objetivo general de diseñar aletas para nadadores, que sean más eficientes y económicas usando la biomimética y los aspectos morfológicos en animales acuáticos. A su vez con los objetivos específicos de realizar un estudio de aspectos biomecánicos del movimiento en animales acuáticos que puedan ser aplicados al diseño de aletas para nadadores.

Investigar y seleccionar los materiales y procesos de fabricación más adecuados para producir las aletas de forma eficiente y económica.

Diseñar y modelar las aletas utilizando herramientas de diseño asistido (CAD).

Realizar pruebas y simulaciones para evaluar el desempeño y eficiencia de las aletas diseñadas y por último crear un modelo a escala que permita evaluar la apariencia y la viabilidad técnica.

El estudio biomecánico del movimiento de las especies evaluadas se aprovecha de una investigación previa llamada Hydrodynamic Characteristics of the Shortfin Mako Shark. De acá se obtienen las imágenes del movimiento del pez y se comparan con los ángulos de movimiento plasmados en imágenes laterales tomadas de un nadador de mono aleta efectuando el movimiento.

La selección de materiales y procesos de fabricación recomendados surge del estado de la técnica en donde nos encontramos con una variedad de proyectos e investigaciones entre los cuales ya se han desarrollado aletas de natación y se han hecho los estudios previos para sus requerimientos técnicos, propiedades mecánicas y químicas para un mejor producto tanto en lo económico como en lo técnico o funcional, algunas investigaciones fueron “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ALETA PECTORAL BIOINSPIRADA CON TRES GRADOS DE LIBERTAD UTILIZANDO ACTUADORES NO CONVENCIONALES PARA EL CONTROL DE ORIENTACIÓN DE UN ROBOT PEZ Pseudorinelepis genibarbisbio”. Diseño de un complemento deportivo versátil destinado al entrenamiento de natación en piscinas y entre otros que durante todo el proceso sirvieron de base para continuar el proyecto. Durante el proceso de modelado 3D, se utilizó el programa de diseño y modelado 3D Autodesk Inventor, a su vez con la ayuda de programas gráficos 2D como Photoshop. En este proceso se opta por comparar los puntos coincidentes en el plano (x, y) de las aletas de estudio de las especies tiburón mako, pez espada y pez vela con el fin de sacar una hibridación morfológica de estas tres aletas o dos de estas que nos permita resolver los objetivos ya mencionados. La inspiración del producto en estas especies no es simple coincidencia, debido a que leyendo estudios morfológicos hechos en investigaciones de estas especies, nos topamos con la coincidencia de que las 3 especies tienen una misma forma de aleta caudal, de un tipo semilunar y al igual las 3 especies son de las más rápidas del planeta si hablamos de animales acuáticos.

Ahora bien, las pruebas y simulaciones a realizar se desarrollaron también por medio del programa inventor profesional con la ayuda de uno de sus módulos donde se hace un estudio de desplazamiento o resistencia entre dos tipos de aletas. La aleta A que es la aleta diseñada en este proyecto y la aleta B que es una aleta inspirada en las medidas técnicas de la CMAS, de acuerdo con la cantidad de desplazamiento dada en milímetros en las 2

RESUMEN

aletas. Nos podemos dar a una idea de cuál de las dos tiene mayor resistencia al agua y por ende puede generar una mejor propulsión, cabe aclarar que dicha evaluación no se hace al material de la aleta debido a que ese no es el enfoque de este proyecto, el enfoque va directamente ligado a la forma que es generada por la comparativa morfológica entre las 3 especies antes mencionadas. Ahora bien, como proceso final se optó por crear un modelo a escala con la ayuda de una impresora 3D para así poder evaluar más fácilmente la apariencia física del producto inspirada en formas de la anatomía animal de dichas especies.

Abstract

The project, "Design and Development of Efficient and Economical Swim Fins Inspired by Aquatic Animal Morphology," focuses on creating efficient swim fins through the application of biomimetic concepts. The overall objective is to design swim fins that are both more efficient and economical by leveraging biomimicry and morphological aspects observed in aquatic animals. Specific objectives include conducting a biomechanical study of movement in aquatic animals applicable to swim fin design, researching and selecting the most suitable materials and manufacturing processes for efficient and cost-effective production, designing and modeling the fins using Computer-Aided Design (CAD) tools, performing tests and simulations to assess the performance and efficiency of the designed fins, and creating a scale model for evaluating appearance and technical feasibility.

The biomechanical study utilizes findings from a previous investigation titled "Hydrodynamic Characteristics of the Shortfin Mako Shark." Movement images of the shark are compared with motion angles depicted in side-view images of a monofin swimmer executing the same motion. The selection of materials and manufacturing processes is informed by state-of-the-art research, incorporating insights from various projects and studies on swim fin development, considering technical requirements, mechanical properties, and chemical characteristics for an optimized product. Noteworthy references include the implementation of a bioinspired pectoral fin with three degrees of freedom using unconventional actuators for orientation control in a fish-like robot.

The 3D modeling process employs Autodesk Inventor for design and modeling, supplemented by 2D graphics programs such as Photoshop. Comparison of matching points on the (x, y) plane of the fins from the shortfin mako shark, swordfish, and sailfish species aims to achieve a morphological hybridization that addresses the project's objectives. The choice of these species for inspiration is not arbitrary; their common semilunar caudal fin shape and status as some of the fastest aquatic species globally make them fitting models.

Testing and simulations are conducted using Autodesk Inventor Professional, with a module dedicated to studying displacement or resistance between two types of fins. A comparative analysis is made between the designed fin (A) and a fin (B) inspired by the technical measurements of the CMAS. This evaluation focuses on water resistance and propulsion, with the study excluding material assessment. The final step involves creating a scale model using a 3D printer to facilitate a more straightforward assessment of the product's physical appearance inspired by the anatomical forms of the aforementioned animal species.



RESUMEN



Palabras Claves: Bioinspirada, aletas, natación, antropometría, hidrodinám

Keywords: bioinspired, fins, swimming, anthropometry, hydrodynamics.



CONTENIDO

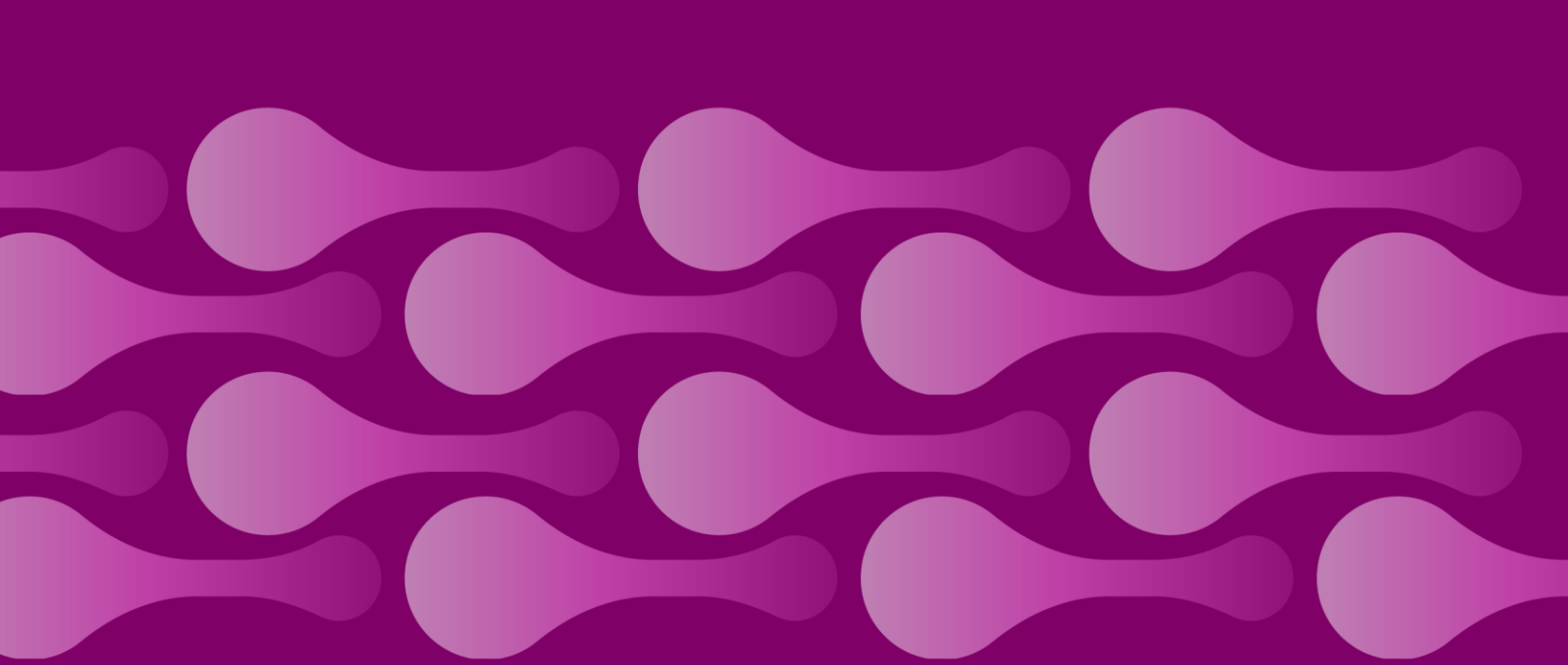
Lista de Figuras y/o Tablas	8
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN	12
Descripción de la situación problemática	12
Objetivos	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos	13
Justificación	13
Hipótesis / Pregunta(s)	14
Conceptos clave	14
Antecedentes	25
Requerimientos para la propuesta de diseño	35
Estudio de mercado comparativo de precios de aletas	38
Análisis morfológico	47
Ideación	61
Propuestas de diseño	62
Evaluación de las propuestas	67
Diseño de Detalle	73
Renders de producto	79
CAPÍTULO 2. DIVULGACIÓN	95
Anexo infográfico(s)	95
Anexo presentación para sustentación pública	95

LISTA DE FIGURAS Y/O TABLAS

Figura 0.1 Morfología del pez vela y pez espada	16
Figura 0.2 Morfología del pez Mako.....	17
Figura 0.3 Rango de flexión extensión de tobillos	18
Figura 0.4 Flexión de la articulación	19
Figura 0.5 Rangos flexión y extensión de los pies	19
Figura 0.6 Resultado de la encuesta	20
Figura 0.7 La importancia del peso en natación.....	21
Figura 0.8 La importancia de la forma estética en las aletas de natación.....	22
Figura 0.9 Implementación de prototipo de aleta en silicona.....	23
Figura 0.10 Prototipo propuesto, implementado	24
Figura 0.1 Traje deportivo para natación.....	27
Figura 0.2 Ejemplos de aletas.....	28
Figura 0.3 Diseño de aletas para natación	29
Figura 0.4 Aleta rosa traslucido.....	30
Figura 0.5 Paleta de natación para una persona con amputación transhumeral	30
Figura 0.6 Aletas termoformados	31
Figura 0.7 Modelo de tiburón de silicona con morfología de aleta caudal	32
Figura 0.8 Prototipo implementado	32
Figura 0.9 Prototipo de plantilla que reduce riesgos de lesión logrando una adecuada distribución de la presión plantar	33
Figura 0.10 Referente de ropa deportiva	34
Figura 0.1 Estudio de mercado comparativo de aletas 1	39
Figura 0.2 Estudio de mercado comparativos de aletas 2.....	40
Figura 0.3 Estudio de mercado comparativo de aletas 3	41
Figura 0.4 Estudio de mercado comparativo de aletas 4	42
Figura 0.5 Monoaleta para apnea tornado	43
Figura 0.6 Referentes de precios de aletas avaladas por la CMAS	43
Figura 0.1 Morfología pez vela y sus dimensiones	47
Figura 0.2 Morfología pez vela	48
Figura 0.3 Morfología pez espada y sus dimensiones	49
Figura 0.4 Morfología pez espada	49
Figura 0.5 Morfología tiburón mako1	50
Figura 0.6 Morfología tiburón mako 2	51
Figura 0.7 Morfología tiburón mako 3	51
Figura 0.8 Comparativa morfológica de vela, pez espada, tiburón mako	53
Figura 0.9 Resultado de la unión del pez vela, del pez espada y tiburón mako	53
Figura 0.10 Comparativa morfológica del pez vela y tiburón mako	54
Figura 0.11 Resultado de la unión del pez vela y tiburón mako.....	54
Figura 0.12 Comparativa morfológica de pez espada y tiburón mako	55
Figura 0.13 resultado de la unión de pez espada y tiburón mako.....	56
Figura 0.14 comparativa morfológica del pez vela y pez espada.....	56
Figura 0.15 Resultado de la unión del pez vela y pez espada	57

Figura 0.16 Comparativa movimientos biomecánicos nadador vs pez espada, pez vela y tiburón mako.....	58
Figura 0.17 Ángulos de movimiento de un nadador desplazándose con mono aleta.....	59
Figura 0.1 Propuesta de diseño de aleta pez vela, pez espada y tiburón mako 1	62
Figura 0.2 Propuesta de diseño de aleta pez vela, pez espada y tiburón mako 2	62
Figura 0.3 Propuesta de diseño pez vela, pez espada y tiburón mako 3.....	63
Figura 0.4 Propuesta de diseño pez vela y tiburón mako	63
Figura 0.5 Propuesta de diseño pez vela y tiburón mako 2	64
Figura 0.6 Propuesta de diseño pez vela y tiburón mako 3	64
Figura 0.7 Propuesta de diseño de pez espada y tiburón mako 1	65
Figura 0.8 Propuesta de diseño de pez espada y tiburón mako 2	65
Figura 0.9 Propuesta de diseño pez espada y tiburón mako 3.....	66
Figura 0.10 Propuesta de diseño pez vela y pez espada 1	66
Figura 0.11 Propuesta de diseño pez vela y pez espada 2	67
Figura 0.12 Propuesta de diseño pez vela y pez espada 3	67
Figura 0.13 Coordenadas que conforman la aleta	68
Figura 0.14 Pala de aleta resultante entre pez vela y pez espada	69
Figura 0.15 Pala de aleta ya existente y aprobada por cmas	70
Figura 0.16 Estudio de desplazamiento de aleta A 1	70
Figura 0.17 Estudio de desplazamientos de aleta A 2.....	71
Figura 0.18 Estudio deformación A.....	71
Figura 0.19 Estudio desplazamiento de aleta B 1.....	72
Figura 0.20 Estudio de desplazamiento de aleta B 2.....	72
Figura 0.21 Estudio deformación B.....	73
Figura 0.1 Correa de sujeción de la aleta.....	74
Figura 0.2 Perfiles laterales de la aleta	75
Figura 0.3 Calza de la aleta	76
Figura 0.4 Pala de la aleta.....	77
Figura 0.5 Plano de aleta completa.....	78
Figura 0.6 Renders de producto final 1	79
Figura 0.7 Renders de producto final 2	80
Figura 0.8 Renders de producto final 3	80
Figura 0.9 Render en despiece de propuesta final.....	81
Figura 0.10 Modelo a escala de la propuesta final 1	82
Figura 0.11 Modelo a escala de la propuesta final 2	83
Figura 0.12 Modelo a escala de la propuesta final 3	84
Figura 0.13 Modelo a escala de la propuesta final 4	85
Figura 0.14 Volumen de la paleta o calza de la mono aleta.....	86
Figura 0.15 Ficha técnica de la silicona vmq	88
Figura 0.16 Precio del producto de la silicona vmq	89
Figura 0.17 Precio de producto resina poliéster	90
Figura 0.18 Precio de sellador curado acético.....	90
Figura 0.19 Precio anual de mano de obra de la mono aleta	93
Figura 0.1 toma de medidas aletas certificadas por cmas.....	102
Figura 0.2.....	102
Figura 0.3 monoaleta certificada por cmas.....	103
Figura 0.4 Apuntes de coordenadas en el plano cartesiano	104





FUNDAMENTACIÓN

01

1. CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN

Descripción de la situación problemática

La disciplina del diseño industrial según Gay 2007 nace en Inglaterra a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, marcando el comienzo de la fabricación en serie y remplazando de esta manera procesos que anteriormente solo eran hechos de forma artesanal. El diseño industrial y su preconcepción sistematizada de la forma dieron cabida a una nueva forma de producción, una que tenía como características de producto tener en cuenta aspectos sociales, tecnológicos, estéticos, psicológicos y anatómicos apoyándose a su vez de planos. De esta forma revolucionando la producción industrial en serie, característica fundamental y una por las cuales el diseño industrial es aplicable a la mayoría de los objetos y productos de la actualidad. Mejorando el desempeño, la estética, y los costos del objeto a diseñar o en algunos casos rediseñar, un concepto que se aplica constantemente en la ingeniería inversa¹ con el fin de mejorar aspectos generales del producto a realizar. Este concepto se realiza estudiando el producto desde todos sus aspectos tanto físicos, morfológicos y más, llegando a tener mejoras notables.


Las herramientas² no son ajenas al concepto de rediseño antes mencionado, por el contrario, son productos que constantemente se reinventan con el fin de facilitar acciones, mejorar procesos Y reducir tiempos. El deporte no es ajeno a lo antes dicho, ya que durante mucho tiempo se ha apoyado en el uso de herramientas para desarrollar mejor sus actividades. Los deportes acuáticos como la natación son deportes que no están exentos del uso de herramientas como lo han sido los trajes de neopreno, las gafas de natación, tapones para oídos, narigueras, mono aletas, bialetas en sus diferentes presentaciones, entre otros. El uso de estas herramientas tiene como fin mejorar el rendimiento deportivo, el aumento de la velocidad y la fuerza lo cual se ve reflejado en la reducción de tiempos de marca, aspecto más relevante en todas las competencias acuáticas. Entre todas estas herramientas previamente mencionadas, las aletas son un foco de interés importante de estudiar debido a que el uso de las mismas según Díez (2020)

“reside en el principio de que, a mayor superficie de contacto con el agua, mayor agua será desplazada, esto se traduce normalmente en la necesidad de realizar un mayor esfuerzo para desplazar una masa de agua más grande y en un aumento de la velocidad de nado.”

Ahora bien, actualmente el diseño industrial ha trabajado en pro de mejorar sus productos de estudio utilizando apoyo en diferentes áreas y disciplinas con la intención de solucionar un problema o mejorar aún más soluciones ya existentes y la biomimética es una gran opción en casos en los que se requiera mejorar debido a que “es una nueva ciencia que se basa en el estudio de los modelos, sistemas, procesos y elementos naturales con el propósito de imitarlos y así encontrar soluciones prácticas a necesidades humanas” (Rangel,2012, p.2). teniendo en cuenta esta definición cabe decir que el diseño industrial al igual que muchas más disciplinas no se ha quedado atrás a la hora de implementar esta

¹Segun Diego Alonso Ramos Acosta (2013), La ingeniería inversa estudia o analiza un producto disponible en el mercado con el fin de conocer detalles de su diseño, construcción y operación. Se denomina así porque se parte de un producto terminado, el cual se analiza minuciosamente con el objetivo de encontrar el porqué de cada detalle de construcción y funcionamiento.

² Según Florencia Ucha. (2009), Herramienta es aquel elemento elaborado con el objetivo de hacer más sencilla una determinada actividad o labor mecánica.



ciencia en muchos de sus proyectos y aunque actualmente existen aletas en el mercado su calidad, eficiencia y costo varían entre sí, oscilando en precios desde los 139.000 a 689.000 pesos colombianos. Tomando como base las páginas oficiales de Speedo, Arenas y ebay. Dichos precios en ocasiones limitan el acceso a este tipo de producto (aletas) por parte de deportistas con menor presupuesto y aunque las aletas ya hayan sido objeto de estudio sería enriquecedor abordar la problemática para disminuir precios y mejorar el rendimiento deportivo por el uso de estas, usando como herramienta la biomimética identificando los aspectos biomecánicos del movimiento de aletas en animales acuáticos que puedan ser aplicadas en el diseño de aletas para nadadores humanos teniendo en cuenta los materiales y procesos de fabricación óptimos para producirlas de forma eficiente y económica en el contexto nacional.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar aletas para nadadores, que sean más eficientes y económicas usando la biomimética y los aspectos morfológicos de los animales acuáticos.

Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de aspectos biomecánicos del movimiento en animales acuáticos que puedan ser aplicados al diseño de aletas para nadadores.
- Investigar y seleccionar los materiales y procesos de fabricación más adecuados para producir las aletas de nadadores de forma eficiente y económica.
- Diseñar las aletas utilizando herramientas de diseño asistido (CAD).
- Realizar pruebas y simulaciones para evaluar el desempeño y eficiencia de las aletas diseñadas.
- Crear un modelo a escala que permita evaluar la apariencia y la viabilidad técnica de las aletas para los nadadores.

Justificación

El diseño y desarrollo de aletas económicas y más eficientes para nadadores dentro del contexto nacional, es un tema que vale la pena trabajar, debido a la demanda deportiva de este tipo de productos y la cantidad de deportistas que aun queriendo entrenar las diferentes modalidades de natación con aletas no lo pueden hacer a causa de sus limitaciones económicas a la hora de comprar unas, debido a que los costos de estas oscilan entre los 139.000 a los 689.000 pesos colombianos en bialetas y hasta 3000000 millones de pesos en mono aletas basándonos en las páginas oficiales de Spedoo, Arenas, Ebay y paginas de venta de aletas certificadas por la CMAS. Es de vital importancia que se haga una intervención rápida a dicha problemática antes de que alguien más se dé cuenta del potencial de venta que puede abarcar este mercado gracias a la cantidad de deportistas que practican los deportes subacuáticos (natación con aletas). "En el momento en el contexto nacional hay un numero de 64 clubes repartidos entre los diferentes



departamentos de Colombia de los cuales solo en Antioquia hay un aproximado de 186 deportistas afiliados desde sus diferentes clubes al FECNA” federación colombiana de natación. (s.f). FECNA. recuperado el 30 de marzo de 2023, de <https://fecna.com/> . Ahora bien, en las redes sociales oficiales del FECNA como Facebook e Instagram entre deportistas aficionados y simpatizantes de los deportes acuáticos hay 69.000 seguidores en Facebook y 18.600 en Instagram de acuerdo con los datos más recientes disponibles (recopilados el 30 de marzo de 2023) dato muy importante a tener en cuenta para posibles compradores de un producto para deportes acuáticos como lo son unas aletas. Esto beneficiaría a todos los deportistas de elite y aficionados de deportes acuáticos dentro del contexto nacional (Colombia), especialmente a los 64 clubes competitivos de los diferentes departamentos afiliados al FECNA que deseen un mejor rendimiento deportivo y tiempo de marca, así mismo teniendo beneficios en el desarrollo de técnicas innovadoras para la fabricación de aletas de mayor calidad y a un costo más accesible. Finalmente, el estudio tendría beneficios profesionales para todos los involucrados en el desarrollo de las nuevas aletas, adquiriendo de forma personal nuevas habilidades y conocimientos en el área de ingeniería en diseño industrial, diseño de materiales deportivos, biomimética y ergonomía. De esta manera desde el área profesional abriendo oportunidades en el mercado de productos deportivos, especialmente de los deportes acuáticos, mejorando así la calidad de vida de muchos deportistas de esta área.


Hipótesis / Pregunta(s)

¿Cómo diseñar unas aletas en el contexto nacional, económicamente accesibles que mejoren el rendimiento de los deportistas colombianos de élite a través de la biomimética y sus principios?

CONCEPTOS CLAVE

El presente proyecto de grado tiene como fin diseñar aletas para nadadores, que sean eficientes y económicas usando la biomimética y los aspectos biomecánicos del movimiento en animales acuáticos. Para esto debemos empezar por entender un poco ¿qué es una aleta?, ¿cómo funciona?, ¿para qué sirve? y ¿cuál es su origen? De acuerdo con el proyecto de investigación y desarrollo de Diego Ramiro Nacato, llamado: Implementación de una aleta pectoral bioinspirada con tres grados de libertad utilizando actuadores no convencionales para el control de orientación de un robot pez psudorinelepis genibabisbio entendemos que las aletas de los peces son extraordinarios dispositivos de propulsión que aparecen en el origen de los peces hace unos 500 millones de años y han sido una característica clave de la diversificación evolutiva de los peces. La mayoría de las especies de peces poseen aletas medianas (media) dorsal, anal y caudal, así como aletas pectorales y pélvicas emparejadas. Las aletas de los peces están soportadas por elementos esqueléticos articulados, rayos de aletas, que a su vez soportan una membrana colágena delgada. Los músculos en la base de la aleta se unen y actúan sobre cada aleta y las aletas generan su propia estela hidrodinámica durante la locomoción, además del movimiento del fluido inducido por la ondulación del cuerpo. En peces óseos, los rayos articulados de la aleta pueden deformarse activamente y la superficie de la aleta puede resistir activamente la carga hidrodinámica. Las aletas de los peces son muy flexibles, exhiben una deformación considerable durante la locomoción y pueden interactuar hidrodinámicamente durante la propulsión y las maniobras. (Lauder & Madden, 2007).

No obstante, esta breve descripción tiene un enfoque a las aletas de los animales y aunque no está mal, también se debe observar la definición de las aletas hechas para el ser humano debido a que nuestros usuarios son los nadadores tanto aficionados como profesionales,



por ende, debemos tener en cuenta que El concepto que se entiende por aletas abarca diferentes disciplinas. Por un lado, son empleadas en el buceo, tanto profesional como recreativo. En segundo lugar, también es común su uso en pesca submarina o apnea. Y, por último, en la natación en piscina tanto deportiva como de entrenamiento o tonificación muscular. A pesar de estar presente en diversas actividades, en todos los casos, la finalidad de usar aletas es la misma: la mejora en la propulsión del nadador. (Mínguez, 17/05/2019). Dicha premisa es fundamental en nuestro proyecto ya que una de las partes del objetivo general es la eficiencia de las aletas, conceptos que está directamente ligado a la mejora en la propulsión del nadador. Por otra parte, En cuanto al origen de las aletas, se remonta al siglo XVIII, tras el intento de conseguir imitar los movimientos de los peces al desplazarse bajo el agua. (Mínguez, 17/05/2019). Esta inspiración en la naturaleza es llamada biomimética y es uno de los pilares fundamentales de este proyecto, por consiguiente es fundamental identificar características de la anatomía de ciertos animales acuáticos que permitan ser implementadas en el diseño de unas aletas de natación aumentado las capacidades del nadador, esto nos lleva a diferentes estudios morfológicos de animales como el tiburón mako, el pez espada y el pez vela, los cuales según investigaciones son de los animales acuáticos más veloces hasta el momento. En el caso del tiburón mako la eficiencia de natación de los tiburones depende principalmente de parámetros relacionados a su modo de nado (subcarangiforme, carangiforme, thunniforme) y morfología de la aleta caudal (Rodríguez, 2021), la cual sería específicamente la cola trasera de los peses, dicha premisa morfológica especificada en esta tesis es un ítem muy importante para usar en el proyecto ya que nos podemos inspirar biomórficamente en las formas de las aletas caudales de estos animales los cuales tienen unas características en común como sus tipos de nado y forma de cola caudal. entre estos tipos de nado el thunniforme es la forma de nado del tiburón mako el cual tiene como principal fuente de propulsión la aleta caudal. Característica de los peses veloces y aspecto demasiado importante de observar por ser de uso principal en estos peses.

Teniendo en cuenta la forma geométrica de las aletas y su influencia en la propulsión de los peses nos apoyamos en concetos que fundamentan la relación de la forma y las dimensiones de las aletas con la velocidad y la hidrodinámica según la tesis *Hydrodynamic Characteristics of the Shortfin Mako Shark (Isurus oxyrinchus) for Two Caudal Fin Morphologies* Una geometría con alta relación de aspecto se refiere a la proporción entre la envergadura, la longitud y la anchura de un objeto, teniendo en cuenta lo antes afirmado sabemos que el tiburón maco posee una geometría semilunar con una alta relación de aspecto (AR). Lo que significa que es muy hidrodinámico y veloz, característica contraria a la baja relación de aspecto, una característica que da maniobrabilidad facilitando los cambios bruscos de dirección en los peces. (Rodríguez, 2021). Esta geometría semilunar mencionada es una característica en común entre las tres especies acuáticas antes nombradas (tiburón mako, pez espada y pez vela) y como anteriormente fue dicho, la eficiencia de la natación en el tiburón mako depende en parte de la morfología de la aleta caudal y no es casualidad que la forma de estas 3 especies tan veloces sea tan similar. Comparativa morfológica entre aleta caudal del pez vela, pez espada y tiburón mako



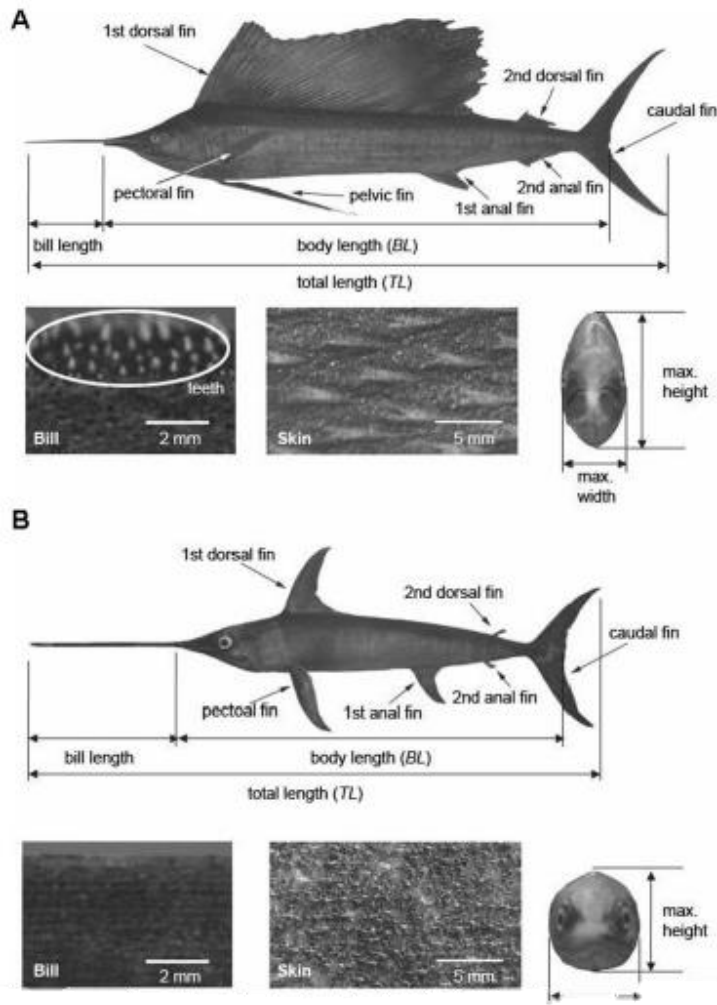


Figura 0.1 Morfología del pez vela y pez espada



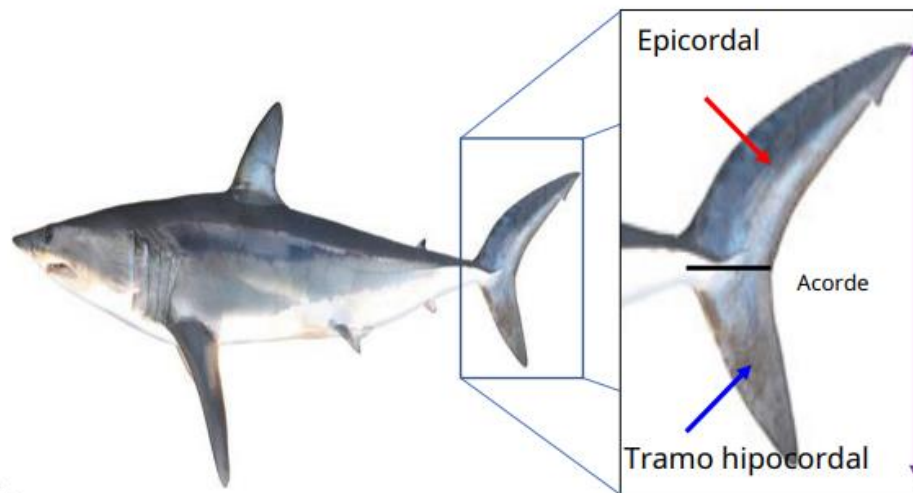


Figura 0.2 Morfología del pez Mako

Si observamos detenida mente la figura 1 y la figura 2 las tres especies de peces en ellas tienen una similitud morfológica en sus aletas caudales, todas tienen una morfología de aleta semilunar y con todos los precedentes en estudios antes mencionados es coherente tener en cuenta esta forma semilunar para el desarrollo de las aletas para nadadores. Por otra parte, y no menos importante, si entender el concepto de las aletas, su funcionamiento, para que sirven, su origen y el estudio morfológico de animales para una inspiración biomimética son importantes, la antropometría es indispensable si diseñamos para el ser humano, entender la biomecánica y las articulaciones con las cuales vamos a interactuar con nuestro producto. Por ende, es relevante entender que las articulaciones de los huesos, la biomecánica articular estudia los movimientos transportados por las articulaciones y las cargas que transportan. La función mecánica de la articulación es convertir las fuerzas de corte, fuerzas laterales, además de promover un movimiento más abundante al esqueleto. (Elsevier Connect, 2018).

Existen muchos tipos de articulaciones, incluidas las articulaciones que no se mueven en adultos, tales como las articulaciones suturales del cráneo. Las articulaciones que no se mueven se denominan fijas. Existen otras articulaciones que se mueven un poco, como las vértebras. (Silvia E. Rodrigo, Jorge A. C. Ambrósio, 2017).

Los ejemplos de articulaciones móviles incluyen los siguientes:

- Enartrosis. Las enartrosis, como las articulaciones del hombro y la cadera, permiten los movimientos hacia atrás, hacia adelante y hacia los costados, y la rotación.
- Articulaciones de bisagra. Las articulaciones de bisagra, como las de los dedos, rodillas, codos y dedos del pie, permiten movimientos de flexión y enderezamiento únicamente.

- Articulaciones rotatorias. Las articulaciones rotatorias, como las articulaciones del cuello, permiten movimientos giratorios limitados.
- Articulaciones elipsoidales. Las articulaciones elipsoidales, como la articulación de la muñeca, permiten todo tipo de movimientos, excepto los movimientos rotatorios. (Oñate, Junio 2020).

Estos conceptos son necesarios de entender para hacer un implemento deportivo que va a ser una extensión más del cuerpo y que por ende tiene una carga articular y su funcionamiento depende estrictamente de estos movimientos generados en las articulaciones, especialmente en las del tobillo y dedos de los pies debido a que el pie del usuario se coloca en la calza de las aletas de natación, siendo estas una prolongación del pie. Durante el uso de aletas de natación las articulaciones que se encuentran en contacto con el producto son las de los dedos del pie y el tobillo como lo mencionamos anteriormente. A continuación, se definen las medidas antropométricas relevantes para el estudio del pie y el tobillo.

Largo funcional del pie: Distancia entre la región del empeine más próxima a la articulación tibio-tarsiana y el dedo más largo.

Altura funcional del pie: Distancia entre la planta del pie y la región más alta del empeine. (Oñate, Junio 2020).

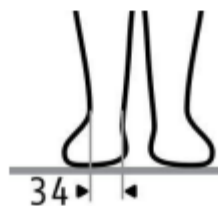
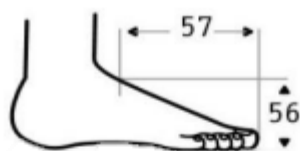


Figura 0.3 Rango de flexión extensión de tobillos

Rango de flexión extensión de tobillos



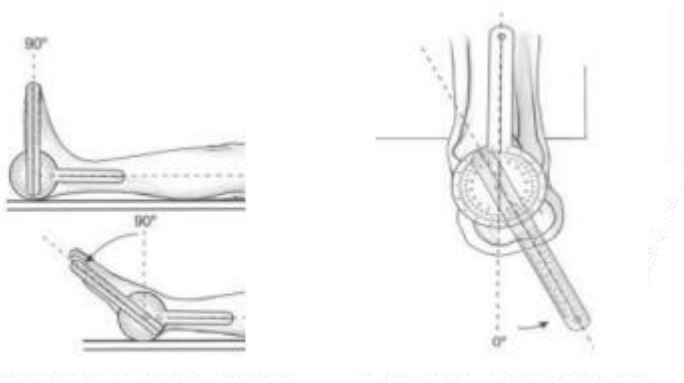


Figura 0.4 Flexión de la articulación

Rangos flexión extensión dedos de los pies

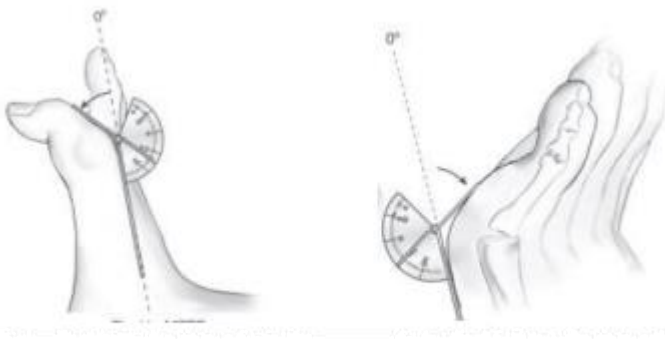


Figura 0.5 Rangos flexión y extensión de los pies

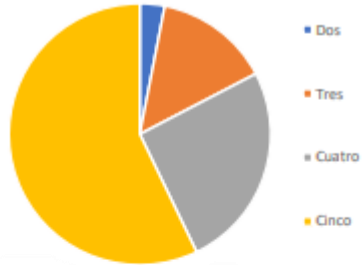
Por otra parte, el mercado y los requerimientos esenciales del producto desde el punto de vista del consumidor son un factor clave a tener en cuenta para el desarrollo del mismo, de estos datos tenemos apoyo en estudios previos como el de la Universidad Politécnica de Madrid basado en el diseño de un complemento deportivo versátil destinado al entrenamiento de natación en piscinas en el cual para realizar el análisis de la demanda se realizó una encuesta destinada a una población familiarizada con el uso de material deportivo de natación. En esta encuesta se han recogido las respuestas de 98 personas, en su mayoría nadadores habituales a través de la plataforma de encuestas Google Forms. En esta parte de la encuesta se recogen los datos de los encuestados al ser preguntados sobre la importancia que le dan a distintos aspectos de los materiales deportivos. Los encuestados dan un valor entre el uno, poco, y el cinco, mucho, para responder a estas preguntas. (Oñate, Junio 2020).

- La importancia de la durabilidad en las aletas de natación.
- Importancia de la comodidad, del peso.
- De la ergonomía, del rendimiento, de la forma estética.
- De la flexibilidad del tallaje.

- Importancia del precio.

Los resultados de la encuesta se reflejan a continuación.

Importancia de la durabilidad en aletas de natación



Importancia de la comodidad en aletas de natación

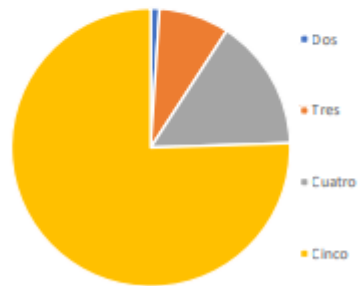
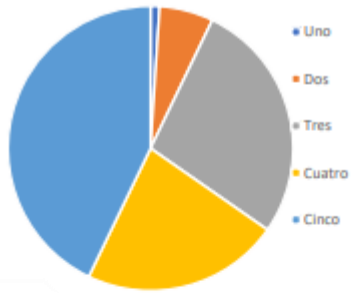


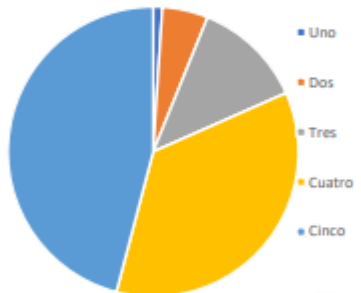
Figura 0.6 Resultado de la encuesta



Importancia del peso en las aletas de natación



Importancia de la ergonomía en las aletas de natación



Importancia del rendimiento en aletas de natación

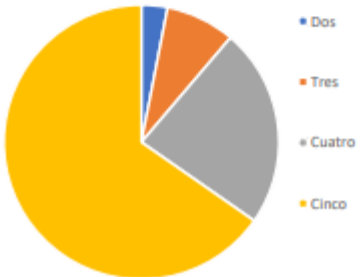
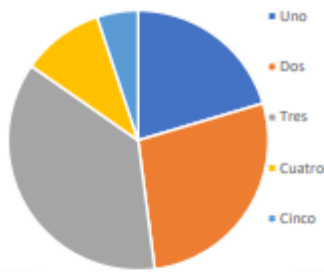


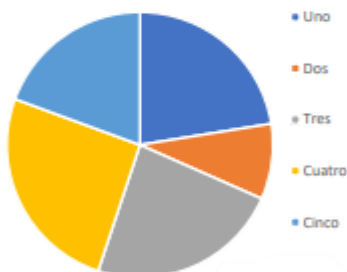
Figura 0.7 La importancia del peso en natación



Importancia de la forma
estética en aletas de natación



Importancia de la flexibilidad
del tallaje en aletas de
natación



Importancia del precio en
aletas de natación

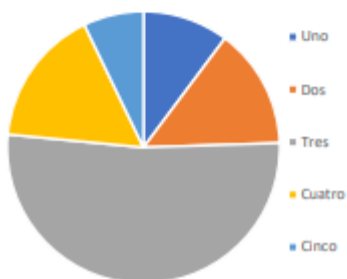


Figura 0.8 La importancia de la forma estética en las aletas de natación

Ahora bien, hay que tener en cuenta que los requerimientos y la información previa no son útiles sin los materiales de creación y los softwares de modelado, los cuales nos permiten llegar a tener las propiedades deseadas en el producto y evaluar su forma, estética y comportamiento antes de una posible producción. Nos encontramos que, en 3 proyectos afines al nuestro, el material y el modelado 3d coinciden en la silicona como material óptimo para el diseño de aletas.

El primero fue el proyecto implementación de una aleta pectoral bioinspirada con tres grados de libertad utilizando actuadores no convencionales para el control de un robot pez, es segundo fue el diseño de un complemento deportivo versátil destinado al entrenamiento de natación en piscinas y el tercero diseño de un complemento deportivo versátil destinado al entrenamiento de natación en piscinas. En el tercero se recomienda, de acuerdo a la

comparativa de este proyecto, la silicona por sus propiedades mecánicas, resistencia a la flexión, densidad, por sus propiedades duraderas frente al agua tanto dulce como salada y los ácidos y bases tanto débiles como fuerte, en el primero la aleta fue diseñada en base de silicona emulando lo mejor posible a la aleta con sus requerimientos para cada movimiento tomando en cuenta, el tercer movimiento principal que es la flexión de la aleta, mediante el cable tensor que es de un polímero de nylon transparente, el cual será el encargado de ayudar a flexionar la aleta. El diseño de la aleta se lo realizó con un software de modelado 3d, tomando en cuenta las restricciones al momento de la implementación y el pez al cual se quiere bio inspirar, para poder implementar los grados de libertad. 3.2.1 Materiales En los materiales utilizados para la implementación de la aleta se utilizó: • Sellador de silicona anti-hongo, es un sellador de curado acético, forma una película de sellado en un tiempo estimado de 10 minutos, se vulcaniza a temperatura ambiente con la humedad atmosférica. (Oñate, Junio 2020).

Modelado 3D y prototipo de aleta en silicona

3.4 Implementación de Prototipo

Se implementó la aleta del pez *Pseudorinelepis Genibarbis* (carachama) tomando en cuenta las restricciones de actuadores y materiales, logrando un prototipo:

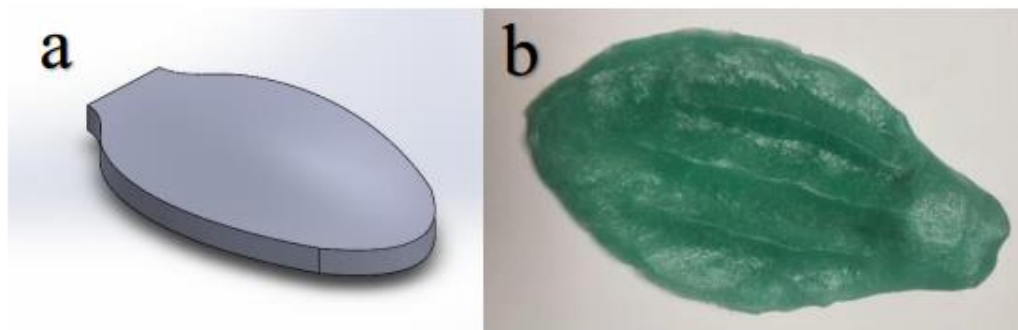


Figura 0.9 Implementación de prototipo de aleta en silicona

Y el segundo Para la selección del material de la aleta realizaron varios filtros, el primero descarto aquellos materiales con un peso elevado, que no sean compatibles con el agua dulce, salada o con los entornos rurales o marinos y resistentes a las radiaciones ultravioleta, además deben ser elongables e impermeables. Una vez realizada esta etapa se ha realizado un segundo filtro para descartar aquellos materiales que no puedan ser producidos por métodos de conformado. Después de estas dos etapas el resultado han sido cuatro materiales que se han dispuesto en una gráfica comparando su precio (Gráfico). De los cuatro materiales restantes se encuentran tres termoplásticos, el PEEK, el tereftalato de polietileno PET y el cloruro de polivinilo PVC, y un elastómero, los elastómeros de silicona. El PEEK presenta un rango de precios demasiado elevado, al contrario que los otros tres, que se sitúan en el rango entre uno y diez euros el kilogramo. Entre los tres materiales

restantes se ha decidido optar por los elastómeros de silicona ya que esta es el material más recurrente en la fabricación de aletas de natación según se ha investigado en el estudio. Este material es compatible con la fundición de resina y con el moldeo por inyección, entre estos dos procesos se ha decidido utilizar el moldeo por inyección ya que el coste unitario es mucho menor que en el caso de la fundición de resina. (Oñate, Junio 2020). De la misma forma y no menos importante los demás proyectos también coinciden en el proceso de fabricación por medio de ayudas de software 3D para ensayos de prototipado y simulaciones de fluido con programas de simulación como Swumsuit.

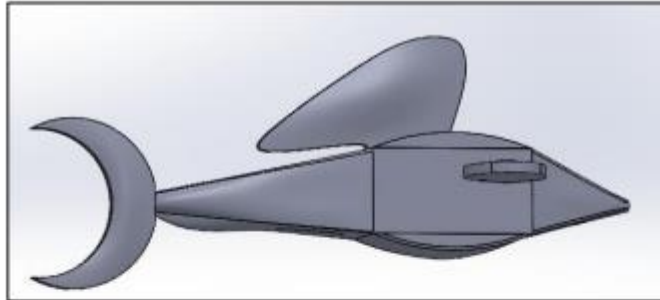


Figura 0.10 Prototipo propuesto, implementado

En esta figura podemos apreciar el modelado en software 3D y el prototipo impreso. Por último es importante decir que aunque es imposible que los proyectos en los que nos hemos apoyado para aspirarnos y usarlos como fuente de investigación no son netamente iguales, si son una gran fuente de información y comparten muchos aspectos similares



como el estudio de las aletas tanto de producción humana como de la morfología animal, la bioinspiración también llamada biomimética para la construcción o elaboración de un producto, la antropometría y los movimientos articulares, el mercado y los requerimientos de diseño de los usuarios y los materiales junto con el apoyo de softwares 3d.

ANTECEDENTES

El presente proyecto tiene como base el apoyo en referencias de estudios antes realizados los cuales tienen afinidad en algún sentido con el proyecto a realizar, unos de los trabajos son los siguientes:

- Características hidrodinámicas del pez vela (*Istiophorus ornitorrinco*) y pez espada (*Xiphias gladius*) en posturas de deslizamiento a sus velocidades de crucero

Este estudio proporciona información valiosa sobre las características hidrodinámicas del pez vela y pez espada en su velocidad crucero. El estudio evalúa partes morfológicas útiles para el desarrollo del proyecto, partes como el pico del pez, la piel y lo más importante su aleta caudal, uno de los focos de interés para el desarrollo del proyecto.

- Diseño de un complemento deportivo versátil destinado al entrenamiento de natación en piscinas.

En este proyecto se desarrolla una aleta bifuncional, la cual suplente el papel de una pala de natación para mano y una aleta para los pies, en el proyecto se tiene en cuenta, patentes de aletas y palas, su cobertura, datos antropométricos y fisiológicos de las articulaciones del cuerpo humano usadas en este tipo de productos además de proporcionar datos estadísticos de los requerimientos para aletas en los nadadores. El proyecto cuenta también con recomendación de materiales para los diferentes tipos de aletas y forma de fabricación más eficiente.

- Diseño de un complemento deportivo versátil destinado al entrenamiento de natación en piscinas

Este proyecto desarrolla unas aletas de natación polifuncionales con la capacidad de ser ajustadas para los 4 tipos de nado. Libre, mariposa, pecho y espalda. Además, cuenta con datos antropométricos, biomecánicos, análisis de los diferentes productos de aletas en el mercado y el uso de softwares 3d asistidos para el desarrollo de producto y la simulación de mecánicas de fluido.

- Hydrodynamic Characteristics of the Shortfin Mako Shark (Características hidrodinámicas del tiburón mako)

Este Proyecto evalúa la morfología del tiburón mako y cómo influye en su nado e hidrodinámica. Uno de los ítems más importantes que se evaluó fue la cola caudal y como su forma influye en que tenga una mejor propulsión de nado. El proyecto se apoyó también de software de modelado 3d para crear un molde y a si mismo poder hacer un modelo a



escala del tiburón para evaluar su hidrodinámica dentro de un canal con agua, cabe decir que también se especifica materiales en los que se creó el modelo. (silicona)

- Patente de invención

En esta patente se habla de unas aletas de natación con geometría variable para entrenamiento y tonificación muscular en piscinas. Compuestas por una pala una calza y una contra aleta siendo esta última capaz de adoptar diferentes posiciones. Este sistema permite evaluar posibles soluciones al problema del proyecto.

Implementación de una aleta pectoral bioinspirada con tres grados de libertad utilizando actuadores no convencionales para el control de orientación de un robot pez

En este estudio se describe el desarrollo de un prototipo de aleta de tres grados de libertad inspirado en la aleta caudal de un pez, con materiales aptos para sumergir en el agua. Las aletas se adaptaron al cuerpo modelado por software 3d de un pez robot y fue manipulado por medio de un sistema de Arduino que permitía imitar los movimientos del pez luego de tener una morfología definida y biospirada.

Estado de la técnica

Este proyecto se enmarca en el campo de la natación y en el uso de herramientas deportivas con el objetivo de diseñar aletas para nadadores, que sean más eficientes y económicas usando la biomimética y los aspectos biomecánicos del movimiento en animales acuáticos. Actualmente en el mercado hay una gran variedad de aletas de natación, las cuales cuentan con diferentes formas, tamaños, colores y materiales. Algunas con objetivos diferentes a otras, pero todas con un aspecto en común, el cual es el de proporcionar mayor propulsión al nadador que las use. Ahora bien, si tenemos en cuenta el concepto biomimético nos encontramos con que también hay desarrollos de productos de natación basados en la morfología y la estética de los organismos biológicos del planeta. No necesariamente aletas, pero si elementos de natación con inspiraciones en animales acuáticos permitiendo de esta forma romper marcas deportivas y mejorar la hidrodinámica, lo que se traduce en menos fricción con el agua y por ende permitiendo una mejor propulsión dentro de la misma, aspecto demasiado relevante a tener en cuenta tomando como referentes estos productos para el desarrollo del proyecto planteado.

El caso del desarrollo Speedo fastking es un claro ejemplo de un producto eficiente en la natación, el cual consiste en un traje de baño de cuerpo entero que intenta maximizar la velocidad del nadador, disminuyendo la fricción y la turbulencia generada por el cuerpo. La compañía introdujo el traje para la natación de competición y fue usado por la mayoría de los competidores en los juegos Olímpicos de Sydney 2000. El 80% de las medallas en las competiciones de natación fueron ganadas por los atletas que llevaban los trajes Speedo Fastskin. Los nadadores que usaron el traje también rompieron 13 de 15 récords mundiales. Para los juegos Olímpicos de Atenas en el año 2004, fue presentado el Speedo fastskin FS2, con el cual se obtuvieron más medallas que con otras marcas, y 5 de 8 récord mundiales quebrados se atribuyen a nadadores que emplearon el traje. (Gómez, 2015). Eso se debe según la compañía Speedo a que el traje está elaborado con una tela que emula los dentículos dérmicos de la piel de los tiburones con el propósito de disminuir la fricción y la turbulencia generada por el cuerpo.






Figura 0.1 Traje deportivo para natación

Stobe .M.(2008) LZR Racer Speedo.jpg <https://www.gettyimages.es/fotos/speedo-lzr-racer>

También se pueden encontrar actualmente patentes de productos, diseños de aletas con más características en su función como lo es en el caso de una patente de invención encontrada en la oficina española de patentes y marcas la cual se trata de unas aletas de natación con geometría variable diseñadas para el entrenamiento y tonificación muscular en piscina. Están compuestas por una pala, una calza y una contra aleta. Dicha contra aleta puede adoptar diferentes posiciones en relación con la calza, lo que permite ejercitar tanto los músculos como sus antagonistas durante las fases de natación. La contra aleta se aloja en un cajado o guía en la parte posterior y plantar de la calza, lo que permite su deslizamiento con cierre de forma y asegura diferentes posiciones a lo largo de su recorrido.



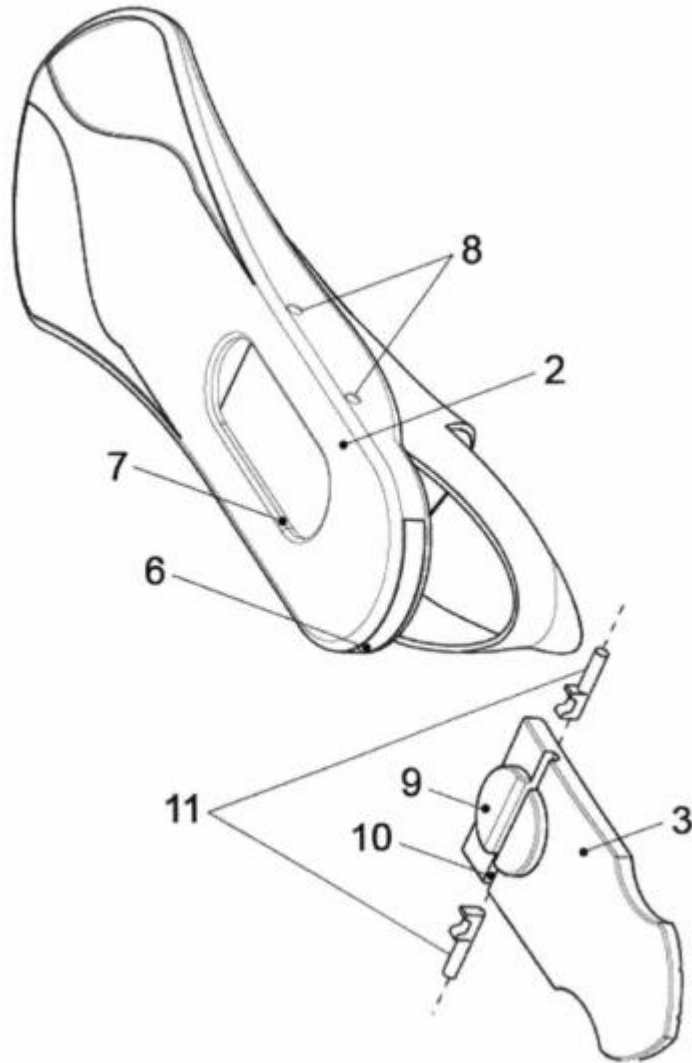


Figura 0.2 Ejemplos de aletas

Figura0.2: (Mínguez, 17/05/2019) Título de Patente de invención.
<https://oa.upm.es/66558/1/ES2691569B2.pdf>

Siguiendo el mismo orden de ideas se encuentra un desarrollo de unas aletas con el fin de desarrollar un diseño de un complemento deportivo versátil destinado al entrenamiento de natación en piscinas. (Oñate, Junio 2020). En dicho proyecto se ha propuesto el desarrollo de un producto híbrido que integra aletas y palas de natación para el entrenamiento en piscinas. Este producto busca ofrecer ahorro económico y de espacio, siendo útil tanto para nadadores habituales como para aquellos que deseen iniciarse en la natación o mejorar su fuerza.





Figura 0.3 Diseño de aletas para natación

Figura 0.3: (Oñate, Junio 2020). Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial (UPM). https://oa.upm.es/66740/7/TFG_JESUS_MARTIN_DIEZ_DE_ONATE.pdf

Por otra parte, hay un desarrollo de diseños de aletas el cual tiene como objetivo diseñar unas aletas de natación que permitan ser usadas para el nado del estilo braza, con el fin de incrementar la carga de trabajo muscular y mejorar la técnica en el entrenamiento de este estilo, así como conseguir mayores velocidades para poder adaptarse mejor al ritmo de nado a la hora de competir. (Manzano, Septiembre del 2019). Al final se llegó a un diseño de aletas de natación que permiten ser usadas para los cuatro estilos de natación (crol, braza, mariposa y espalda) estas aletas se componen por dos piezas que admiten el posicionamiento de la pala en cuatro posiciones distintas, adaptándose en función del estilo que se desee nadar (Manzano, Septiembre del 2019).





Figura 0.4 Aleta rosa traslucido

Figura 0.4 : (Manzano, Septiembre del 2019). Aleta rosa traslucido. https://oa.upm.es/57062/7/TFG_JORGE_MORATO_MANZANO.pdf

Si dentro de nuestros objetivos esta la palabra eficiencia en las aletas, esto se ve traducido también a la fuerza de arrastre y la propulsión que el objeto le da al nadador. Considerando esto se tiene en cuenta un artículo en el cual se crea un diseño de paletas de natación para una persona con amputación transhumeral con el objetivo de generar mayor fuerza de arrastre durante el nado para compensar la falta de antebrazo y palma de la mano en los amputados transhumerales, llegando de esta manera a un diseño funcional el cual fue evaluado previamente por pruebas de elementos finitos por medio de softwares de modelado 3D.

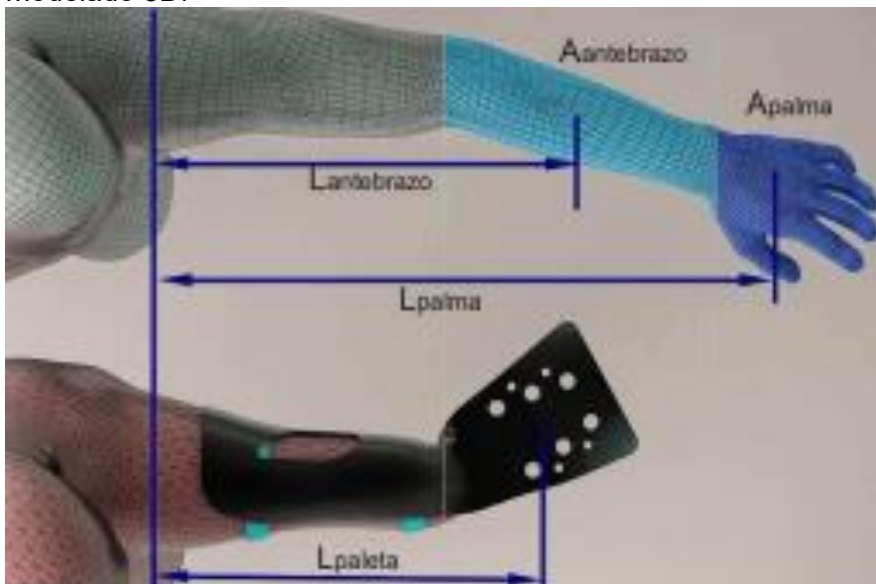


Figura 0.5 Paleta de natación para una persona con amputación transhumeral

Figura 0.5: (Díaz Montes Julio César, 25 al 27 DE SEPTIEMBRE, 2013) Dimensiones utilizadas durante el análisis. http://somim.org.mx/memorias/memorias2013/pdfs/A1/A1_34.pdf.

Siguiendo esta misma línea nos topamos con un proyecto de la facultad de ingeniería de la universidad de Antioquia similar al anteriormente visto. Este con el objetivo de diseñar una prótesis de natación para amputados transtibiales. Dicho proyecto desarrolla una serie de

pruebas tanto físicas como por medio de ayuda de software de análisis de resistencia mecánica, finalmente se llega a un prototipo muy bien calificado por el usuario que presenta la amputación.



Figura 0.6 Aletas termoformados

Figura 0.6: (Cadavid, 2021). Prototipo terminado de la Alternativa D, socket y aleta termoformados.

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/19605/6/MartinezVeronica_2021_ProtesisTranstibialNatacion.pdf.

Eventualmente es de vital importancia que no olvidarse de los estudios realizados que aun no siendo su enfoque principal las aletas de natación, se comparten ciertas características con respecto al proyecto planteado en este documento que pueden servir, una característica importante son los estudios anatómicos de ciertas especies acuáticas, dichas características pueden ser de gran utilidad para entender el por qué y el cómo algunos peses pueden nadar tan rápido, teniendo como punto principal la morfología de sus aletas caudales. Esta búsqueda direcciona la investigación a un proyecto sobre las características hidrodinámicas del tiburón mako. Proyecto en el cual se realizan una serie de pruebas hidrodinámicas de dicha especie, apoyándose de softwares de mecánicas de fluido, tipos de nado del pez, modelos a escala del mismo y análisis morfológicos llegando a la conclusión de aunque la morfología de la aleta caudal en los tiburones no influye significativamente en las características hidrodinámicas y las fuerzas del tiburón debido a que no es el único factor que hace sus velocidades posibles, sin embargo se observó que la aleta caudal con forma semi lunar generaba más energía en la estela en comparación con la aleta caudal hetero cercal



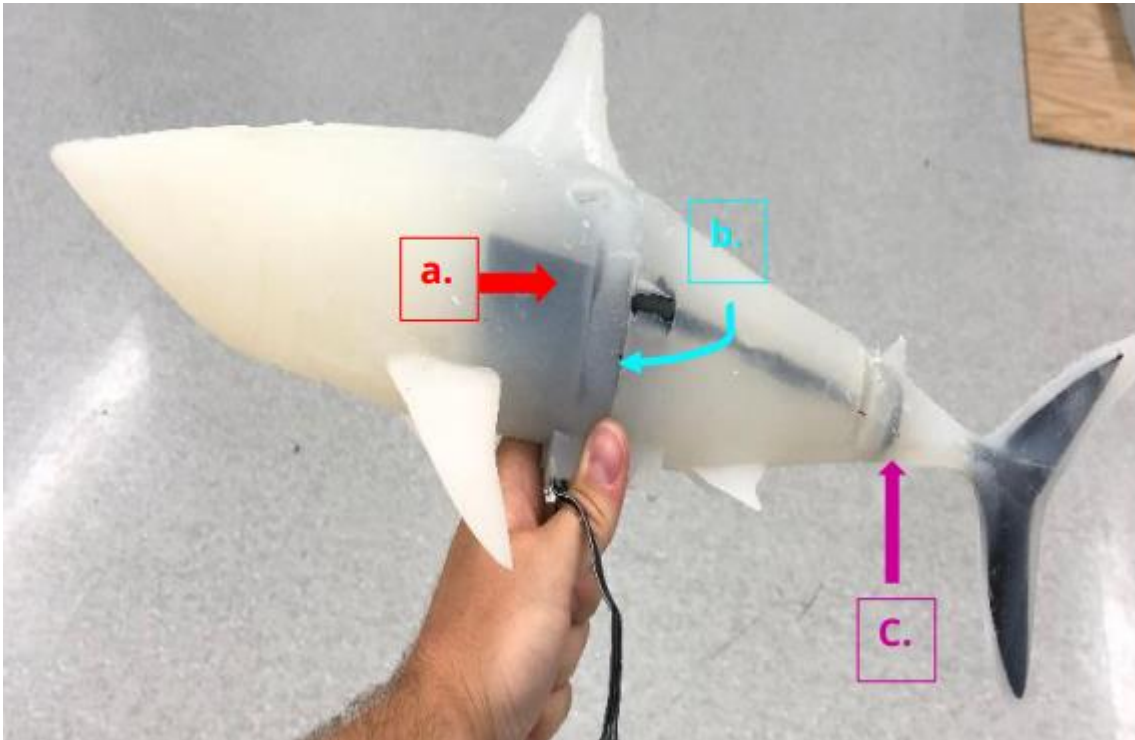


Figura 0.7 Modelo de tiburón de silicona con morfología de aleta caudal

Figura 0.7: (Rodríguez, 2021) Imagen del modelo de tiburón de silicona con la morfología de la aleta caudal semilunar adjunta. a. Carcasa protectora que rodea el servomotor. b. Placa de soporte que ancla el modelo. C. Placa de natación que permite la oscilación de la aleta caudal.
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/19605/6/MartinezVeronica_2021_ProtesisTranstibialNatacion.pdf

Dentro del mismo tema biomimético se encuentran desarrollos como el de Implementar una aleta pectoral bio-inspirada con tres grados de libertad utilizando actuadores no convencionales para el control de orientación de un robot pez Pseudorinelepis genibarbisbio. (ESTRELLA, Diciembre 2019). Este proyecto logro desarrollar un prototipo de aleta pectoral bioinspirada con tres grados de libertad en un pez robótico bioinspirado



Figura 0.8 Prototipo implementado

Figura 0.8: Prototipo implementado.
Realizado por: Nacato Diego, 2019. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13591>



No obstante, es importante evaluar también proyectos que no están relacionados directamente con la natación pero que a su vez si tienen elementos fundamentales en común, como lo son la ergonomía y la selección de materiales para la fabricación de un producto, la tesis Diseño de una plantilla ergonómica que regule la presión plantar en jóvenes practicantes de baloncesto femenino: análisis biomecánico y de elementos finitos tiene como objetivo diseñar una plantilla ergonómica para la práctica de baloncesto femenino que mejorara las condiciones de la bóveda plantar al distribuir la carga durante la práctica deportiva. en este proyecto se realizó un estudio de características antropométricas con el fin de desarrollar un producto más ergonómico, característica ligada directamente a la antropometría y que es esencial de tener en cuenta en el proyecto que se está desarrollando. De esta manera las aletas a diseñar tendrán un mejor acople al pie y por ende un riesgo menor de lesiones. Al final se llegó a un prototipo de plantilla que redujo los riesgos de lesión logrando una adecuada redistribución de la presión plantar



Figura 0.9 Prototipo de plantilla que reduce riesgos de lesión logrando una adecuada distribución de la presión plantar

Eventualmente los estudios de materiales para la implementación deportiva pueden ser un referente propicio para esta investigación y el trabajo final de grado diseño de indumentaria y textil se enfoca en mujeres que entrenan regularmente en gimnasios y sufren de sudoración excesiva. El objetivo principal es crear una marca de indumentaria deportiva que diseñe prendas cómodas, transpirables y absorbentes utilizando técnicas y materiales en la industria nacional. El estudio comienza con una investigación del contexto y los antecedentes para analizar los textiles transpirables existente que mejoran el rendimiento de los atletas. Finalmente se llega a la conclusión dentro del proyecto de que a pesar de la falta de tecnologías avanzadas en el país en el que se desarrolló la propuesta (Argentina), se puede mejorar el proceso de sudoración en gimnastas mediante la elección adecuada de textiles y la implementación de técnicas que promuevan la ventilación, el secado rápido. Finalmente se llegó a varias propuestas de diseños con diferentes materiales planteados para estos fines.

FICHATECNICA - REMERA FLOK (funcional)



TALLE M	COLECCION AIR SECC	TEMPORADA PRIMAVERA- VERANO
TELA 	PROVEEDOR Fadete (Cba)	DESCRIPCION remera al cuerpo mangas cortas en set deportivo sublimado con detalle de espalda cruzada.

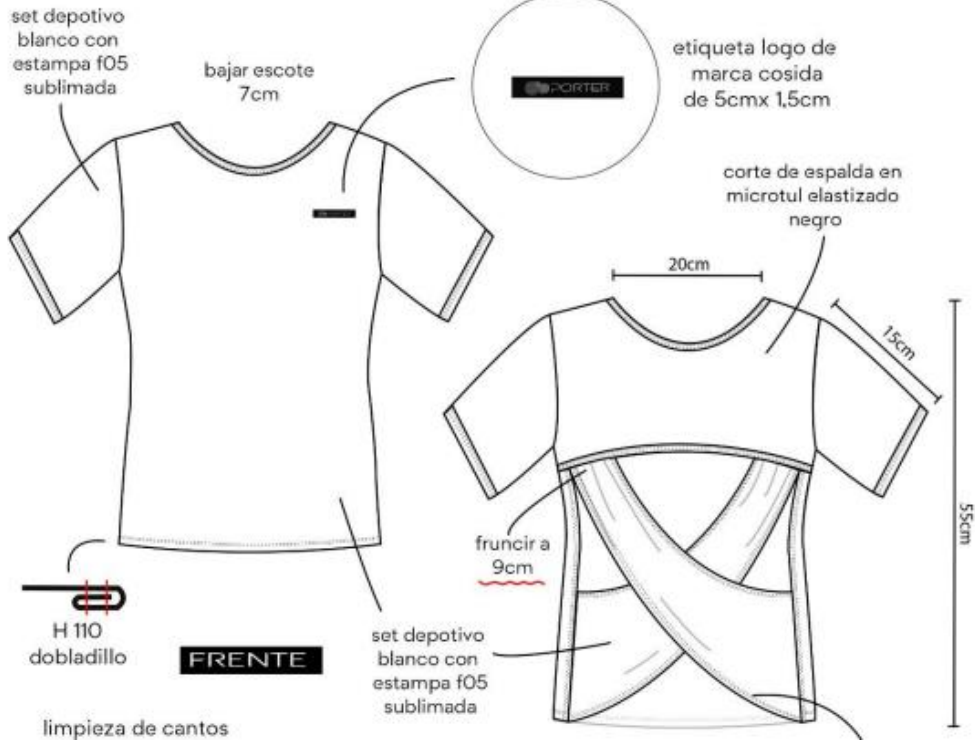


Figura 0.10 Referente de ropa deportiva



REQUERIMIENTOS PARA LA PROPUESTA DE DISEÑO

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTO						DEPARTAMENTO DE DISEÑO
PROYECTO						
Nro.	Aspecto	Requerimiento	Métrica	Valor-Rango	lprt	observaciones
1	Vida útil	importancia durabilidad aletas de natación	resistencia	Inaceptable, aceptable	3	Según el trabajo de grado y desarrollo de unas aletas de natación. De la universidad politécnica de Madrid.
2	ergonomía	importancia de la comodidad de aletas de natación	No aplica	No aplica	4	según la investigación diseño de un complemento versátil destinado al entrenamiento de natación en piscinas, la comodidad depende en gran parte de una calza en silicona. (Oñate, 2020)
3	peso	importancia de peso en aletas de natación	kg/m ³	materiales próximos a 997kg/m ³	4	este elemento es importante, puesto que determina si el elemento va a flotar en el agua o si se va a hundir al ser pesado. (Manzano, 2019)

4	Ergonomía	importancia de Ergonomía en aletas de natación	Tallas calzado nacional	Calza en silicona de talla nacional desde talla 35 a talla 44	4 Debido a que la Ergonomía es un concepto ligado a la antropometría del cuerpo. La Ergonomía de la aleta depende en parte de la flexibilidad del tallaje. Según (Oñate, 2020) La ergonomía ayuda a adaptar los productos a los usuarios, consiguiendo una mayor comodidad de uso y según las investigaciones de (Manzano, 2019) los elastómeros, en especial la silicona genera una mayor comodidad para el nadador.
5	competencias	importancia de rendimiento en aletas de natación	kg/m ³	calza no mayor a 1500 kg/m ³ o 1,5 g/cm ³	según el experto en natación con aletas Sebastián Molina Martines, el rendimiento de unas aletas de natación depende del tipo de material en que están fabricadas como lo son fibra de vidrio y silicona.

6	Ergonomía	importancia de la flexibilidad del tallaje en natación	Tallas de calzado	34 - 43	3	Al igual que cualquier calzado las aletas tienen las tallas conforme al tamaño del pie del deportista
7	Costos de producto	importancia en el precio en aletas de natación	Pesos Colombianos	No mayores a 2556600 pesos colombianos	4	Según los precios de una página de aletas con las marcas abaladas por la CMAS
8	calidad	Resistencia (mecánica, química, acuática, oxidación)	resistencia mecánica, química, al agua y la oxidación	Inaceptable, aceptable, buena, excelente	4	según el trabajo de grado diseño y desarrollo de unas aletas de natación, la durabilidad (vida útil de una aleta depende de las resistencias mencionadas en la métrica) (Manzano, 2019)
9	Competencias	elasticidad de materiales	MPa y Gpa	Hasta 90 Mpa en el límite elástico y en módulo de Young's hasta 0,06 GPa	4	Del Libro Materials Engineering, Science, Processing and Design Y del Proyecto Diseño y desarrollo de unas aletas de natación de Jorge Morato Manzano (Ashby, 2007)
10	Estética	morfología de la aleta	unión morfológica de dos o más de las 3 especies seleccionadas	pez vela+pez espada+tiburón mako. Pez vela+pez espada. Pez vela+tiburón mako. Pez	5	sale del estudio morfológico de las 3 especies y se llega allí gracias a las similitudes de estas 3 especies en su cola, datos arrojados por las



				espada+tiburon mako		investigaciones Hydrodynamic Characteristics of the Sailfish (<i>Istiophorus platypterus</i>) and Swordfish (<i>Xiphias gladius</i>) in Gliding Postures at Their Cruise Speeds y Hydrodynamic Characteristics of the Shortfin Mako Shark (<i>Isurus oxyrinchus</i>) for Two Caudal Fin Morphologies
11	Medidas	dimensiones estándar	cm	no mayores a 74 de ancho x 72 de largo ni menores de 50 de ancho x 58 de longitud	5	según páginas de fabricantes certificada por (CMAS, 2022)
12	Materiales	materia prima	No aplica	silicona VMQ y fibra de vidrio multi capa	5	del Proyecto Diseño y desarrollo de unas aletas de natación de Jorge Morato Manzano

Estudio de mercado comparativo de precios de aletas



Aletas	Foto						
	Nombre	Fury Training Fin	FastSkin Kick Fin	Biofuse Fitness Fin	Alpha Pro	Powerfin Pro	Tech Fin
	Marca	Speedo	Speedo	Speedo	Michael Phelps	Arena	Arena
	Agarre	Cinta de tobillo no ajustable	Cinta de tobillo no ajustable	Cinta de tobillo no ajustable	Cinta de tobillo no ajustable	Cinta de tobillo no ajustable	Cinta de tobillo no ajustable
	Material	Silicona	Polipropileno y silicona	silicona	Espuma EVA	Silicona	Goma EVA
	Tallas	3/4-11/12	3/4-11/12	XS-XL	XXS-XXL	36/37-46/47	36/37-44/45
	Precio	40 €	60 €	31 €	25 €	54 €	40 €
	Descripción	Aleta simétrica. La calza deja al descubierto el tobillo.	Aleta simétrica. La calza deja al descubierto el tobillo, orificio para los dedos del pie. Agarre en la cinta para ajustar mejor la aleta.	Aleta simétrica. La calza deja al descubierto desde el tobillo a la mitad del pie, orificio para los dedos. Agarre en la cinta para mejor ajuste.	Aleta asimétrica. La calza deja al descubierto el tobillo.	Aleta asimétrica. La calza deja al descubierto el tobillo. Orificio parcial en los dedos.	Aleta simétrica. La calza deja al descubierto el tobillo. Orificios a lo largo de la calza.

Figura 0.1 Estudio de mercado comparativo de aletas 1

Aletas	Foto						
	Nombre	Edge	Hydroblade	Biofuse Training Fin	Powerfin Fin	Short Trainig	Zoomers
	Marca	Finis	TYR	Speedo	Arena	Turbo	Finis
	Agarre	Cinta de tobillo no ajustable	Cinta de tobillo no ajustable	Pie completo	Pie completo	Pie completo	Pie completo
	Material	Silicona	Silicona	Silicona	Silicona	Silicona	Goma natural
	Tallas	S-XL	38/39-46/47	2/3-11/12	33/34-44/45	33/34-41/42	33/34-46/47
	Precio	66 €	60 €	40 €	37 €	33 €	36 €
	Descripción	Aleta simétrica. La calza deja al descubierto el tobillo. Orificios en la pala.	Aleta simétrica. La calza deja al descubierto el tobillo. Agarre en la cinta para un mejor ajuste.	Aleta simétrica. Orificio para los dedos	Aleta simétrica. Orificio para los dedos.	Aleta simétrica. Orificio para los dedos. Nervio central.	Aleta simétrica. Orificio para los dedos. Nervio central. Orificios circulares en la calza.

Figura 0.2 Estudio de mercado comparativos de aletas 2









Aletas	Foto						
	Nombre	Light Fin	Agua Short	Aleta Corta	Silfins 500	Easyfins 100	Striker
	Marca	Cressi	Cressi	Leisis	Nabaji	Nabaji	TYR
	Agarre	Pie completo	Pie completo	Pie completo	Pie completo	Pie completo	Pie completo
	Material	Polipropileno de bajo módulo y silicona	Polipropileno y goma termoplástica	Silicona	Silicona	Silicona	Silicona
	Tallas	31/32-45/46	31/32-45-46	32/33-46/47	33/34-45/46	35/36-43/44	33/34-45/46
	Precio	22 €	23 €	27 €	15 €	8 €	40 €
	Descripción	Aleta simétrica. Orificio para los dedos.	Aleta simétrica. Orificio para los dedos.	Aleta simétrica. Orificio para los dedos. Nervio central.	Aleta simétrica. Orificio para los dedos.	Aleta simétrica. Orificio para los dedos.	Aleta simétrica. Orificio para los dedos. Nervio central.

Figura 0.3 Estudio de mercado comparativo de aletas 3



Aletas	Foto					
	Nombre	Burner	Powerfin Fit	Fitness	Positive Drive Fin	Palau SAF
	Marcas	TYR	Arenas	Arenas	Finis	Cressi
	Agarre	Pie completo	Cinta de tobillo ajustable	Cinta de tobillo ajustable	Cinta de tobillo ajustable	Cinta de tobillo Ajustable
	Materiales	Caucho	Elastómero Termoplástico, silicona, polipropileno y polioximetileno	Elastómero Termoplástico, silicona, polipropileno y polioximetileno	Silicona	Polipropileno y goma termoplástica
	Tallas	32/34-46/48	M/L	XS, MXL	XS-XL	XS-XL
	Precio	35 €	40 €	38 €	36 €	29 €
	Descripción	Aleta simétrica. Orificio para los dedos.	Aleta simétrica. La calza deja al descubierto el tobillo. Orificios a lo largo de la calza.	Aleta simétrica. La calza deja al descubierto el tobillo. Orificios a lo largo de la calza. Agarre en la cinta para mejor ajuste.	Aleta asimétrica. La calza deja al descubierto el tobillo.	Aleta simétrica. La calza deja al descubierto el tobillo. Agarre en la cinta para mejor ajuste.

Figura 0.4 Estudio de mercado comparativo de aletas 4

El estudio de mercado expuesto en las 4 tablas anteriores está creado a base de precios en España y formulados con precios en euros. Dicho estudio fue realizado por Jesús Martín Díez de Oñate, estudiante de ingeniería en diseño industrial de la universidad politécnica de Madrid para su trabajo de grado. Ahora bien, los precios anteriormente mostrados pueden variar constantemente y el tipo de mono aleta de competencia no está entre estas, sin embargo, es una base en la que se puede trabajar si tenemos en cuenta que estos precios son aún más elevados en Colombia por temas de importación. Ya que su producción no es nacional.

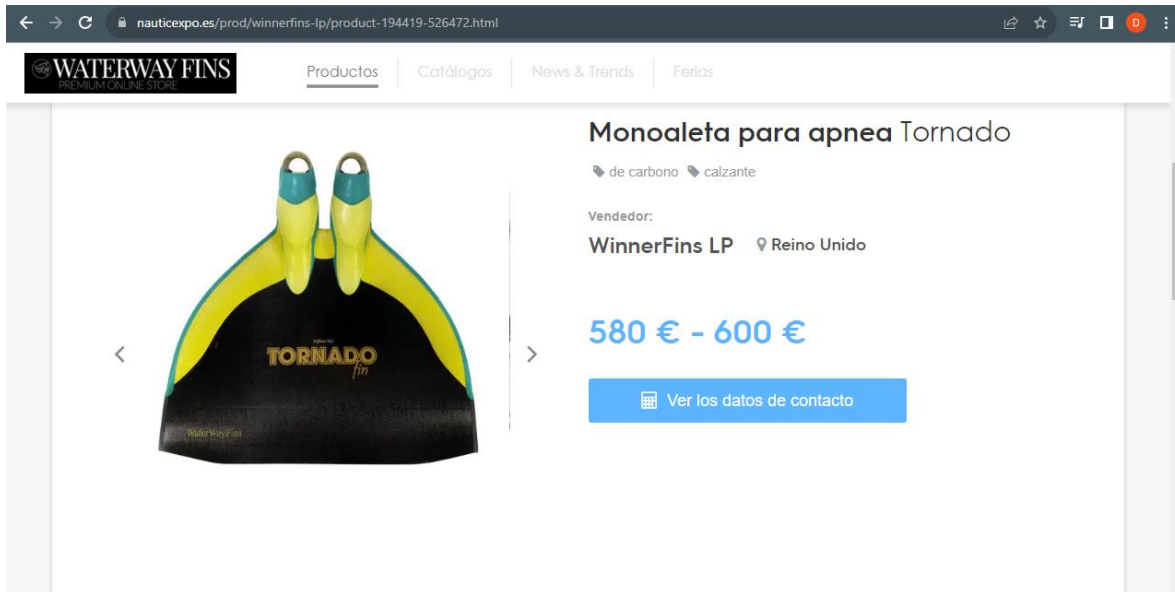


Figura 0.5 Monoaleta para apnea tornado

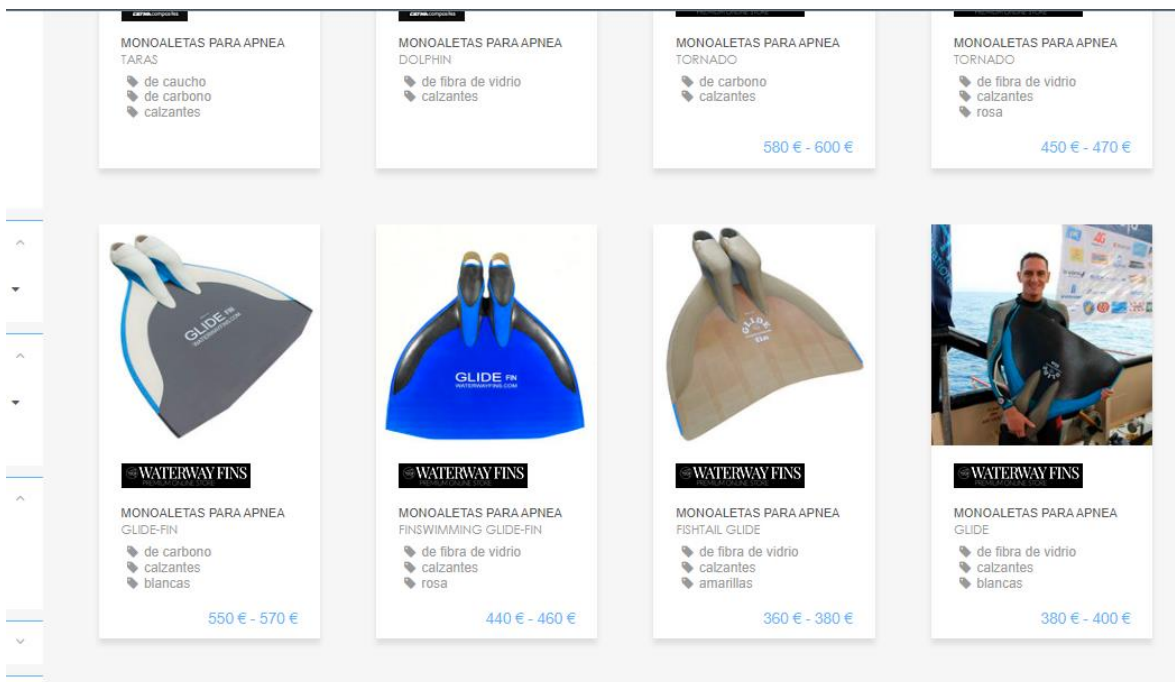


Figura 0.6 Referentes de precios de aletas avaladas por la CMAS

En las dos figuras anteriores sacadas de una página que vende aletas avaladas y certificadas directamente por la CMAS nos encontramos con precios de aletas que oscilan entre 400 a 600 euros. Ahora bien, estos precios son demasiado elevados para el contexto colombiano si tenemos entendemos que el precio de importación no es tenido en cuenta y



que las dimensiones y el peso del producto elevan los costos de la importación. (Group, 2023).

¿Eficacia de una mono aleta, que es y cómo se mide?


Según Sebastián molina martines entrenador universitario de natación con aletas del Instituto tecnológico metropolitano y manejador de los grupos de competencia y con una experiencia de 6 años en esta disciplina. Afirma que la eficiencia de una mono aleta es cuando el deportista tiene la capacidad de movimiento técnico y que bajo la acción de velocidad también es capaz de mantener la acción técnica todo el tiempo en esa acción de ondulación que es donde más se utiliza la mono aleta y que no se vea una forma de dobles de la pala en cuanto a el material.

Sebastián también aclara que la eficacia de una mono aleta se puede evaluar según el tipo de material de esta. estaríamos hablando de aletas de fibra de carbono son más livianas y tienen un mejor desempeño acuático bajo una bota que viene en silicona otras que vienen en fibra de vidrio y otras que PVC que pueden ser livianas, pero no generan tanta fortaleza en cuanto a la ejecución de movimiento por parte del deportista entonces por esa parte hay una gran diferencia en cuanto a la mono aleta.

¿Animales referentes y porque el proyecto se bioinspira en ellos?

El desarrollo de una aleta de natación para nadadores, que sean más eficientes y económicas usando la biomimetica y los aspectos morfológicos en animales acuáticos es un proceso en el cual se debe tener en cuenta una fundamentación. En este caso presentar el porqué de la elección de ciertas especies acuáticas para esta bioinspiracion, dar un estudio morfológico, un criterio de selección, hacer un análisis de aletas contemporáneas, entre otros.

Teniendo en cuenta investigaciones de animales acuáticos y sus aspectos hidrodinámicos en investigaciones de revistas científicas como PLOS ONE nos encontramos con 3 especies marinas muy interesantes por su capacidad hidrodinámica, tipo de nado y velocidad en su entorno acuático. Dichas especies son el pez vela, pez espada y tiburón mako. Respecto al pez vela y al pez espada sirven como referentes gracias algunas afirmaciones como las mencionadas en el artículo científico Características hidrodinámicas del pez vela (*Istiophorus ornitorrinco*) y pez espada (*Xiphias gladius*) en posturas de deslizamiento a sus velocidades de crucero. En dicho artículo se menciona que el pez vela (Teleósteos: *Istiophoridae*) y pez espada (Teleósteos: *Xiphiidae*) son grandes depredadores en el océano, que han sido conocidos como los peces más rápidos entre los animales marinos. Se informó que el pez vela y el pez espada alcanzaron sus velocidades máximas de alrededor de 110 km/h [1– 2] y 90 km/h [3], respectivamente. Por lo tanto, se ha conjeturado que las adaptaciones para reducir la resistencia en ambos peces podrían haber evolucionado para alcanzar velocidades tan rápidas y reducir aún más los costos de energía en la natación habitual. (Woong Sagong, 2013) Por otra parte, está el tiburón mako el cual según la tesis Hydrodynamic Characteristics of the Shortfin Mako Shark (*Isurus oxyrinchus*) for Two Caudal Fin Morphologies es considerado como la especie hidrodinámica más eficiente (Rodríguez, Características hidrodinámicas del marrajo dientuso (*Isurus* ,



2021) también considerado como la especie de tiburón más rápida que se encuentra en todos los mares templados y tropicales (Rodríguez, 2021). por otra parte, la investigación lleva este proyecto a encontrar unas similitudes morfológicas entre estos tres tipos de peces hidrodinámicos y sumamente veloces, la más importante para este proyecto debido a su enfoque fue la aleta caudal de estas tres especies, ya que todas poseen un tipo de aleta caudal semi lunar cualidad que en el artículo características hidrodinámicas del pez vela y el pez espada lo mencionan Las formas del pez vela y el pez espada son similares entre sí, porque comúnmente tienen una aleta caudal semilunar (Woong Sagong, 2013)

Criterios de selección

Ahora bien, hay 2 criterios de selección por los cuales el proyecto decidió tomar como referente estas 3 especies el primero es la velocidad ya que como se mencionó anteriormente en los estudios previos, se confirma que estas 3 especies son altamente veloces y el segundo es la alta relación de aspecto o AR característica que se da al dividir la longitud de una aleta sobre la amplitud de esta. Dichas especies antes mencionadas tienen dicha cualidad, una alta relación de aspecto. Las especies de movimiento más lento que priorizan la aceleración y la maniobrabilidad del estallido generalmente tienen aletas caudales de menor relación de aspecto. Se ha demostrado que las aletas caudales de menor relación de aspecto generan mayor empuje al acelerar o maniobrar, lo cual es importante para evadir a los depredadores o capturando presas (Liu y Dong, 2016; Cheng y Murillo, 1984; Flammang y Lauder, 2009) pero generalmente operan con una eficiencia hidromecánica más baja (Lee et al., 2017). Las especies que se mueven más rápido que priorizan la natación sostenida y la eficiencia generalmente tienen aletas caudales de alta relación de aspecto (Lighthill, 1969; Chopra, 1974; Sagong et al., 2013, Liu y Dong, 2016). (Woong Sagong, 2013). Por esta razón se decide tener en cuenta la relación de aspecto como característica de criterio de selección.

Entrevista experta en nado con aletas

1. Nombre completo
2. ¿Cuál es su relación natación con aletas?
3. ¿Cuánto tiempo lleva desempeñando su papel en la natación con aletas?
4. ¿Cuáles han sido sus 3 mayores logros desempeñando su papel en el deporte de la natación con aletas?
5. ¿Como se mide la eficiencia de una aleta?
6. ¿Qué materiales cree usted fundamentales para una mono aleta?
7. ¿Qué requerimientos técnicos cree usted que debería tener una mono aleta?
8. ¿Qué le gustaría a usted que tuviera una mono aleta?
9. ¿cuándo considera usted que una mono aleta es buena?
10. ¿Por qué cree usted que el precio de una mono aleta es tan alto en Colombia?

Respuestas

1. Sebastián Molina Martines.
- 

2. Soy entrenador a nivel universitario principalmente en el instituto metropolitano manejo los equipos de competencia y semilleros de natación con aletas.
3. De natación con aletas como entrenador llevo desde el 2017.
4. En cuanto a los logros deportivos podríamos hablar de la conformación de un equipo universitario la participación en diferentes torneos a nivel nacional estando siempre en el podio en el primero y segundo puesto y reconocimiento como equipo ya en el club a nivel municipal.
5. La eficiencia de la aleta puede estar ligada al tipo de material de esta, estaríamos hablando de aletas de fibra de carbono son más livianas y tienen un mejor desempeño acuático bajo una bota que viene en silicona otras que vienen en fibra de vidrio y otras de PVC que pueden ser livianas, pero no generan tanta fortaleza en cuanto a la ejecución de movimiento por parte del deportista entonces por esa parte hay una gran diferencia en cuanto a la eficiencia de una mono aleta.
6. El tipo de la pala que es el cuerpo de la pala que es un material resistente ante las acciones de fuerza que implica el deportista se reconoce como el carbono esas aleaciones del carbono como la fibra de vidrio como las más ideales para ese proceso ya lo que es la bota o el zato del deportista que es donde va el pie principalmente pues que sean de silicona y esa posibilidad que sea maleable al pie del pie del deportista y solucionar de pronto quemaduras por fricción por tanto tiempo por la mono aleta puesta.
7. Requerimientos técnicos que cumplan principalmente con las medidas establecidas por las CMAS que es la confederación mundial de actividades subacuáticas bajo el reglamento se sobre entiende que la mono aleta tiene unas medias sobre el largo, ancho y dimensiones de la bota y los diferentes adiciones que se le coloca a esta para una hidrodinámica dentro del agua.
8. Hay situaciones que ya se vienen presentando y es que tiene unos pequeños alerones que generan un corte para el agua loque permite al deportista vencer esa resistencia de contacto y frontal que debe ser para poder de desplazarse bajo del agua, eso como primera instancia y que los alerones cumplan con la espesativa de corte la tensión del agua para que los deportistas puedan desplaciesen mucho más rápido.
9. Cuando el deportista tiene la capacidad de movimiento técnico y que bajo la acción de velocidad también es capaz de mantener la acción técnica todo el tiempo en esa acción de ondulación que es donde más se utiliza la mono aleta no se vea una forma de dobles de la pala en cuanto el material de la pala.
10. Principalmente porque no se producen en el país aquellas que viene en fibra de carbono o fibra de vidrio hay que importarlas, las de PVC se producen aquí en el país pero son mono aletas principalmente para el desarrollo de la técnica y no para la competencia en alto rendimiento entendiendo que esas es una de las características el poco material aquí en el país el tipo de material sobre entendiendo que las fibras de carbono hacen un sobre costo en el material y el material de silicona que conforma el zapato o bota donde el deportista ubica los pies.



ANÁLISIS MORFOLÓGICO

Pez vela

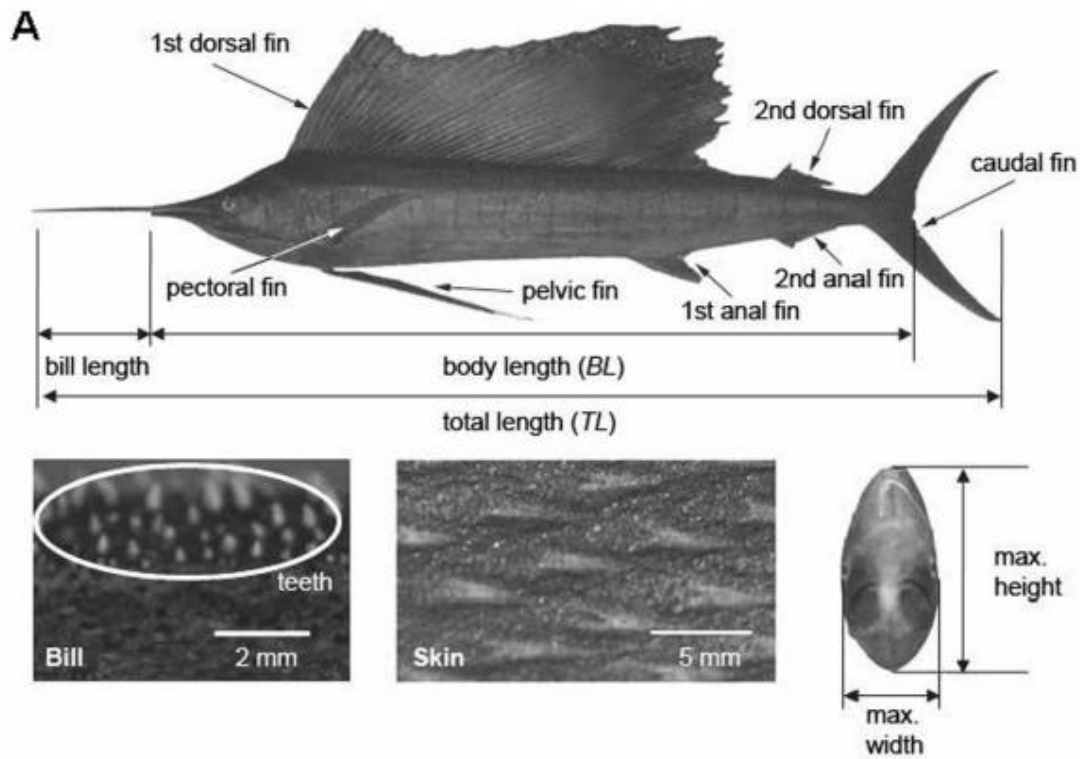


Figura 0.1 Morfología pez vela y sus dimensiones



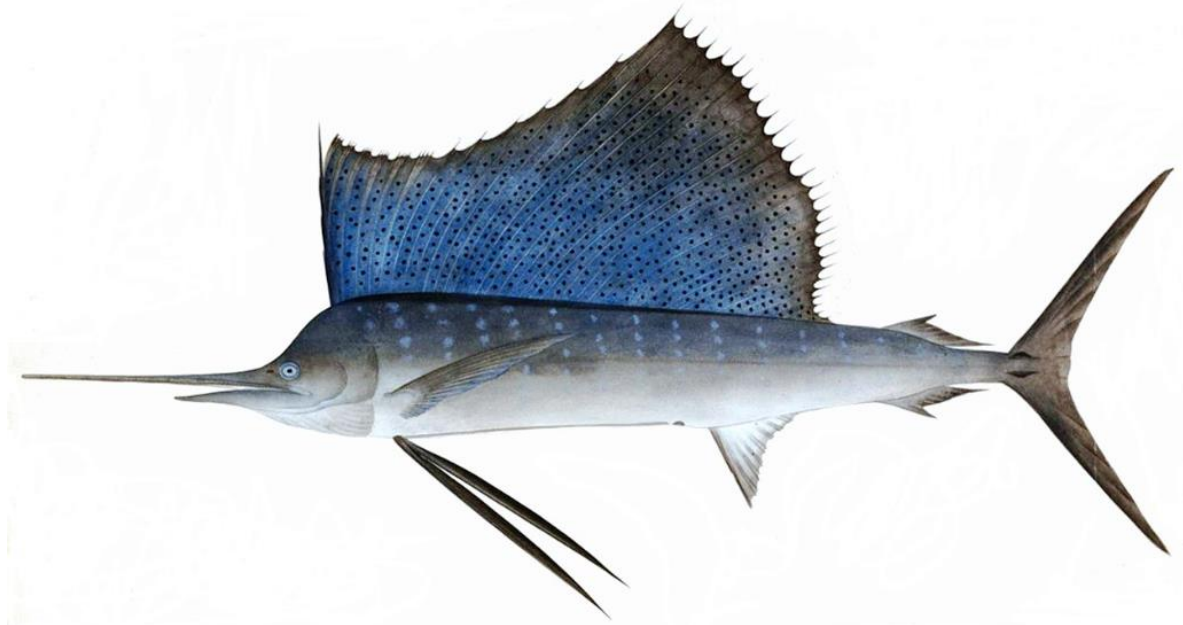


Figura 0.2 Morfología pez vela

Observación externa: morfología cónica con diámetro mayor en la cabeza y diámetro menor en la base de la cola

Forma y tamaño: aleta caudal semi lunar con un tamaño de casi la mitad del tamaño completo del pez.

Base de la aleta: base delgada que expresa un punto de articulación entre la cola y el cuerpo

Borde de la aleta: puntiagudo en ambos extremos.

Rayos o nervaduras de la aleta: nervaduras paralelas entre sí y perpendiculares a la fuerza de acción generada por su movimiento de acción.

Función y adaptación: la relación del tamaño de la cola con el cuerpo que es casi la mitad del cuerpo completo expresa una morfología de un animal acuático veloz que aprovecha una alta relación de aspecto para alcanzar altas velocidades. Cola semilunar que ayuda a generar movimientos oscilatorios constantes para mantener una velocidad.



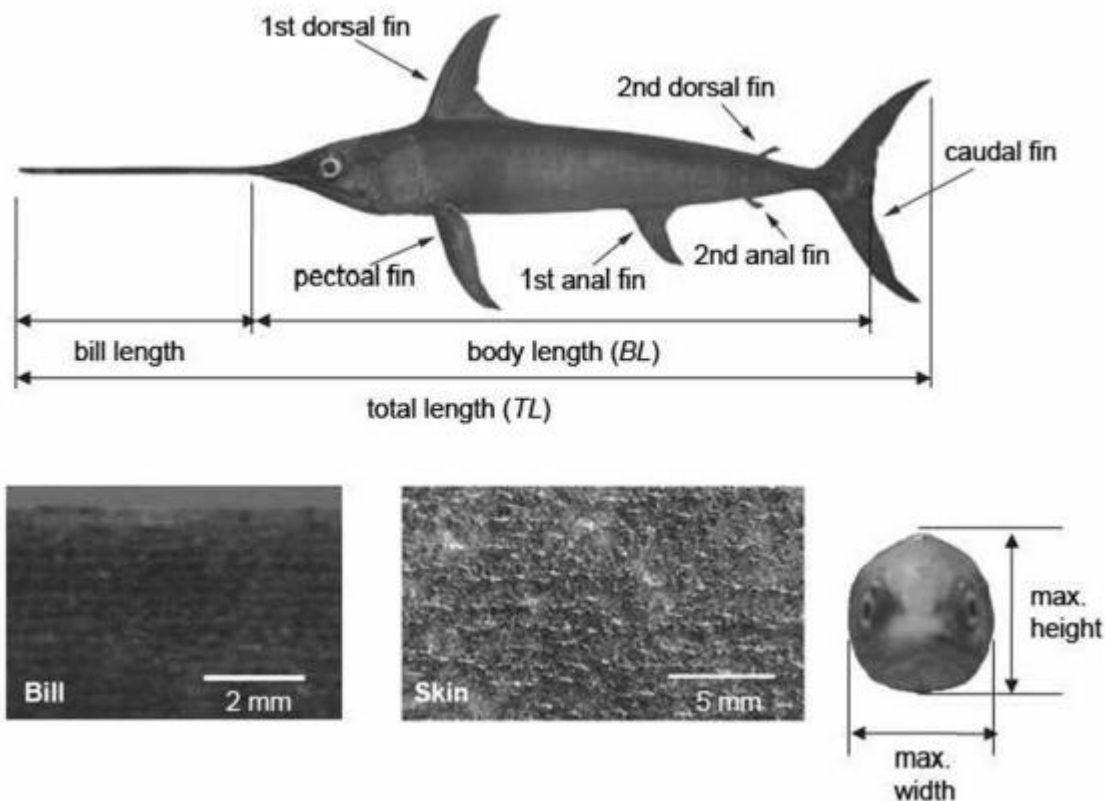


Figura 0.3 Morfología pez espada y sus dimensiones

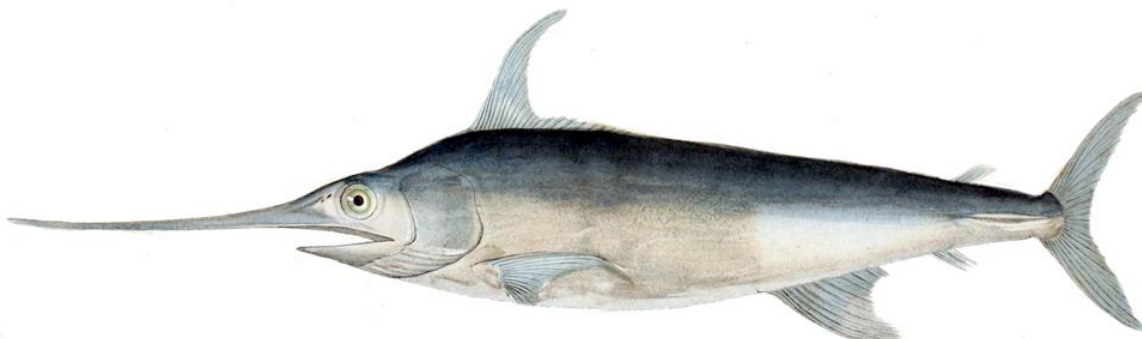


Figura 0.4 Morfología pez espada

Observación externa: morfología cónica con diámetro mayor en la cabeza y diámetro menor en la base de la cola

Forma y tamaño: aleta caudal semi lunar con un tamaño de casi la mitad del tamaño completo del pez.

Base de la aleta: base delgada que expresa un punto de articulación entre la cola y el cuerpo



Borde de la aleta: puntiagudo en ambos extremos

Rayos o nervaduras de la aleta: nervaduras paralelas entre sí y perpendiculares a la fuerza de acción generada por su movimiento de acción.

Función y adaptación: la relación del tamaño de la cola con el cuerpo es de aproximadamente un cuarto de su tamaño total expresa una morfología de un animal acuático veloz que aprovecha una alta relación de aspecto para alcanzar altas velocidades. Cola semilunar que ayuda a generar movimientos oscilatorios constantes para mantener una velocidad.

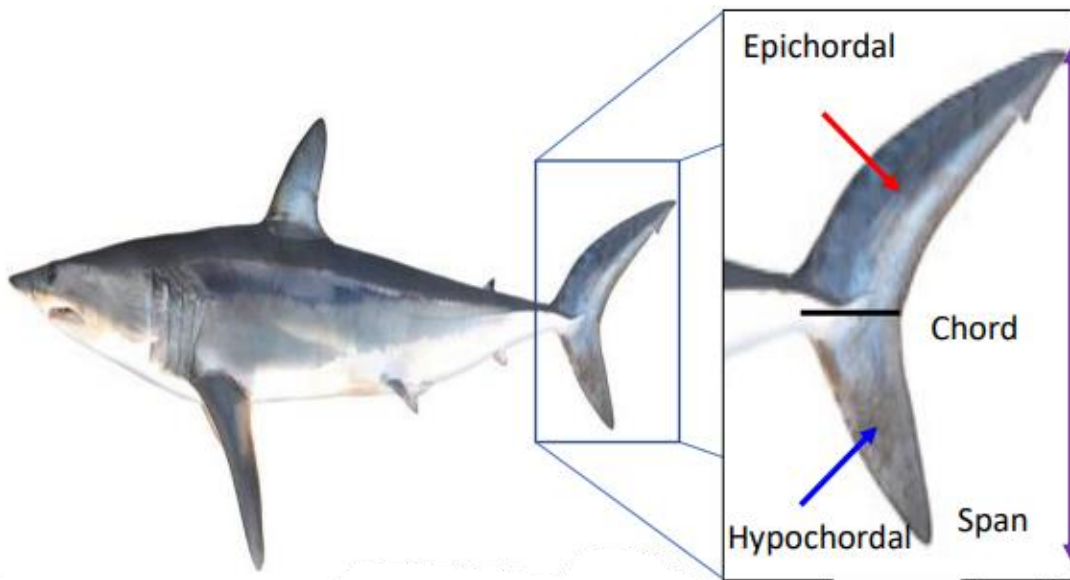


Figura 0.5 Morfología tiburón mako1





Figura 0.6 Morfología tiburón mako 2



Figura 0.7 Morfología tiburón mako 3

Observación externa: morfología cónica con diámetro mayor en la cabeza y diámetro menor en la base de la cola



Forma y tamaño: aleta caudal semi lunar con un tamaño de casi la mitad del amaño completo del pez.

Base de la aleta: base delgada que expresa un punto de articulación entre la cola y el cuerpo

Y a su vez nos muestra una nervadura transversal desde la mitad de su cuerpo hasta el final de su cola.

Borde de la aleta: semi redondeado en ambos extremos


Rayos o nervaduras de la aleta: aparentemente y desde la parte la parte visual solo se ve una nervadura externa si no contamos la anatomía interna del pez.

Función y adaptación: la relación del tamaño de la cola con el cuerpo que es casi la mitad del cuerpo completo expresa una morfología de un animal acuático veloz que aprovecha una alta relación de aspecto para alcanzar altas velocidades. Cola semilunar que ayuda a generar movimientos oscilatorios constantes para mantener una velocidad.

Comparación

Aparentemente y por las descripciones los 3 peses tienen muchas similitudes en las formas de su aleta caudal y forma cónica del cuerpo, ahora bien, hay unas diferencias en cuanto a los extremos de las colas su relación de tamaño respecto a sus cuerpos y las nervaduras.

Para este estudio morfológico y para el análisis de las características ya mencionadas se optó por hacer una comparativa de las formas de las aletas de las 3 especies tiburón mako, pez vela y pez espada dicho análisis se hace con la ayuda de programas de diseño 2D como Photoshop en donde se entra a evaluar en un espacio medible por medio de cuadrículas y de esta forma poder ubicar los puntos coincidentes de los 3 diferentes tipos de aletas cuando se sobrepone una sobre otra y así ubicar estos puntos como coordenadas (x,y) sobre un plano cartesiano.



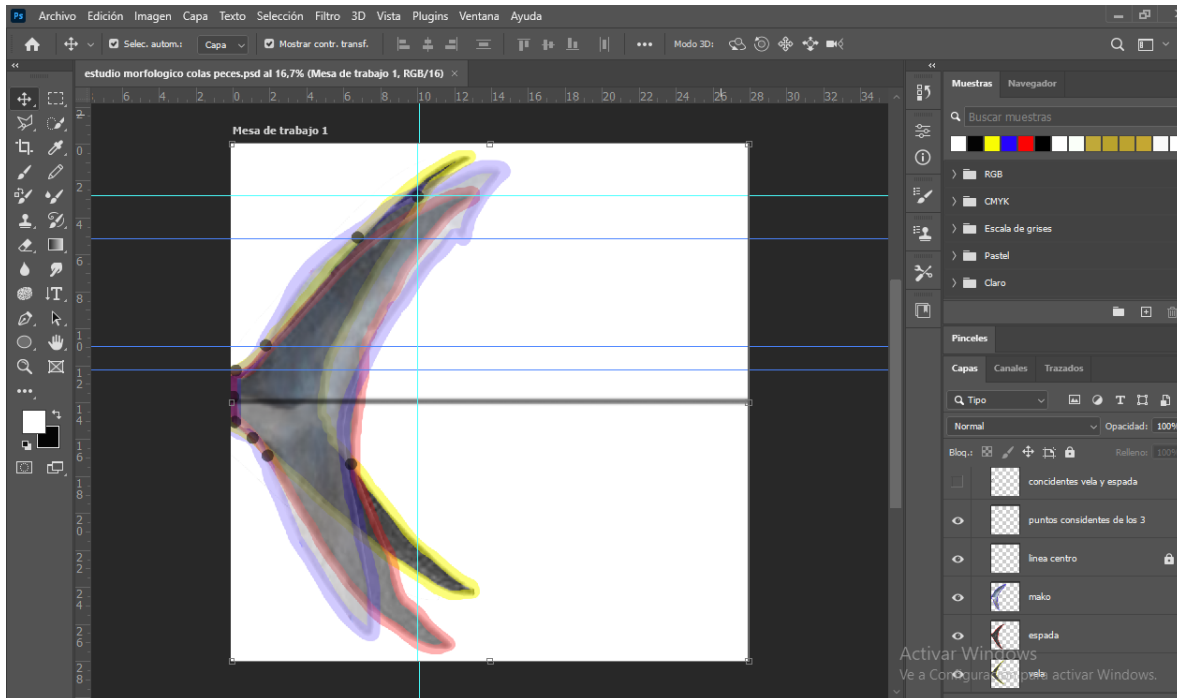


Figura 0.8 Comparativa morfológica de vela, pez espada, tiburón mako

La figura anterior muestra la comparativa morfológica al sobreponer las aletas de las especies pez vela, tiburón mako, y pez espada. Las coordenadas resultantes fueron (x_0, y_0) (x_0, y_2) (x_2, y_5) (x_7, y_7) $(x_{10}, y_{11.5})$ $-(x_{6.5}, y_{3.5})$ $-(x_0, y_{1.5})$ $-(x_2, y_{1.3})$

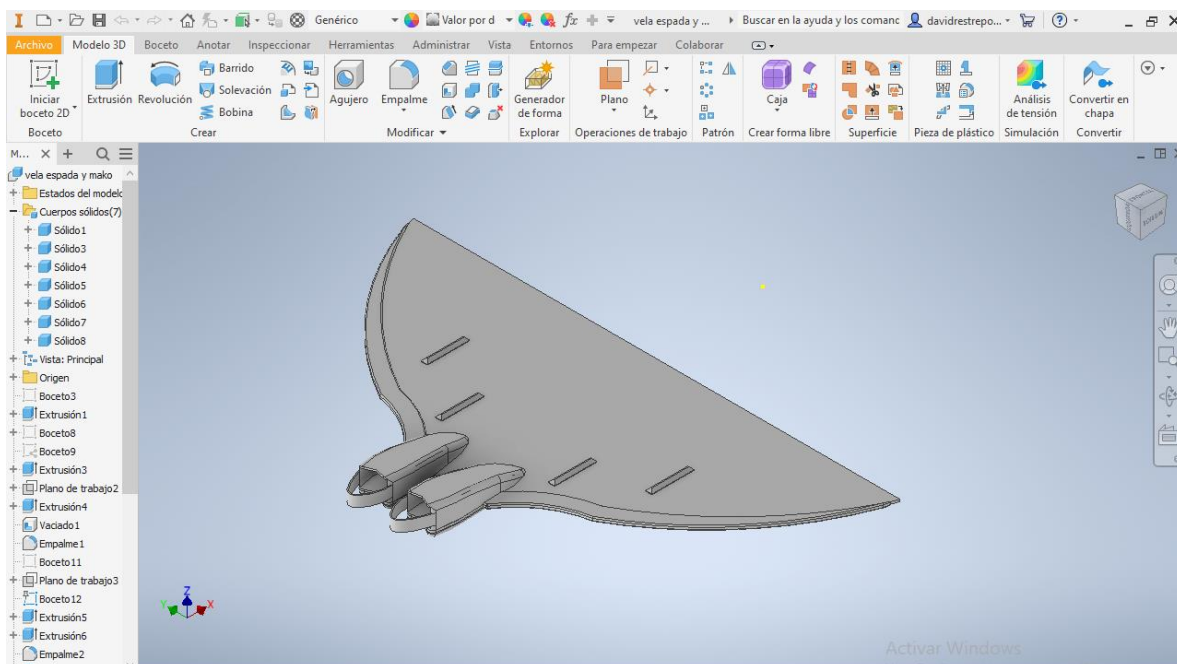


Figura 0.9 Resultado de la unión del pez vela, del pez espada y tiburón mako





La figura anterior nos muestra el resultado de la unión de las coordenadas obtenidas en Photoshop del pez vela, tiburón mako, y pez espada al ser modeladas en el programa de Autodesk inventor profesional.

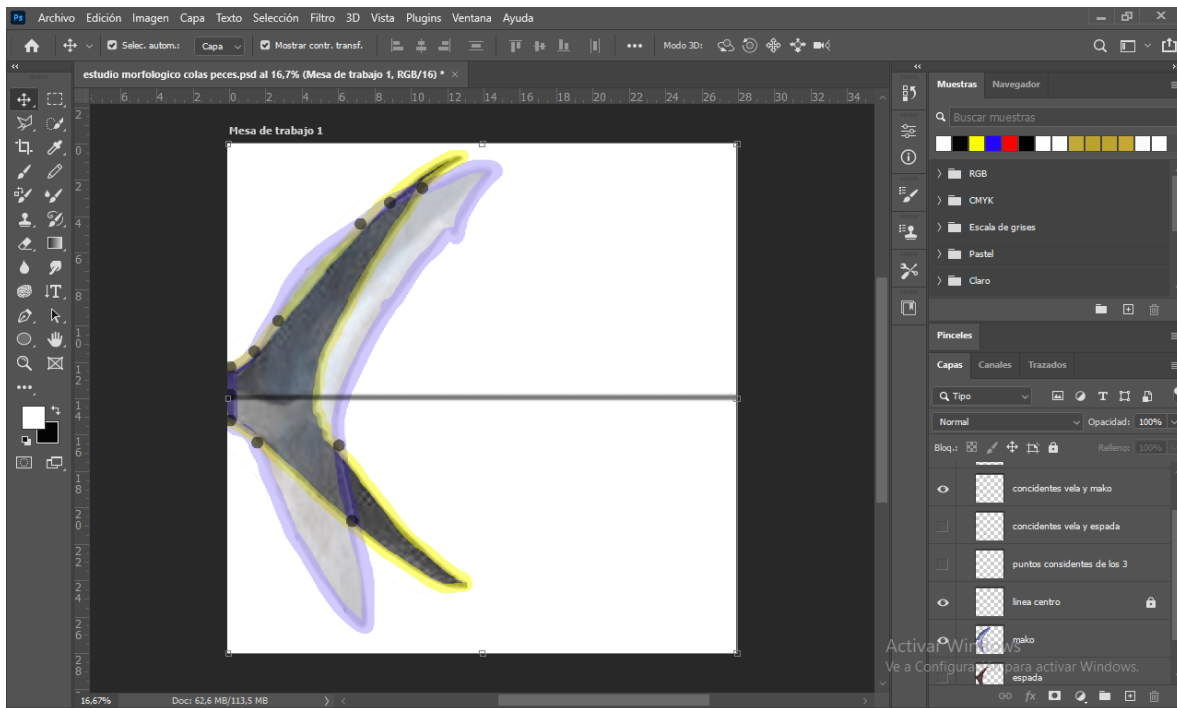


Figura 0.10 Comparativa morfológica del pez vela y tiburón mako

La figura anterior muestra la comparativa morfológica al sobreponer las aletas de las especies pez vela Y tiburón mako, Las coordenadas resultantes fueron (x_0, y_0) (x_0, y_2) $(x_{1.5}, y_{2.5})$ $(x_{2.7}, y_{4.2})$ $(x_{7.2}, y_{9.5})$ $(x_{8.5}, y_{10.8})$ $(x_{10.7}, y_{11.5})$ $-(x_6, y_{2.6})$ $-(x_{6.8}, y_7)$ $-(x_{1.5}, y_{2.5})$ $-(x_0, y_{1.5})$

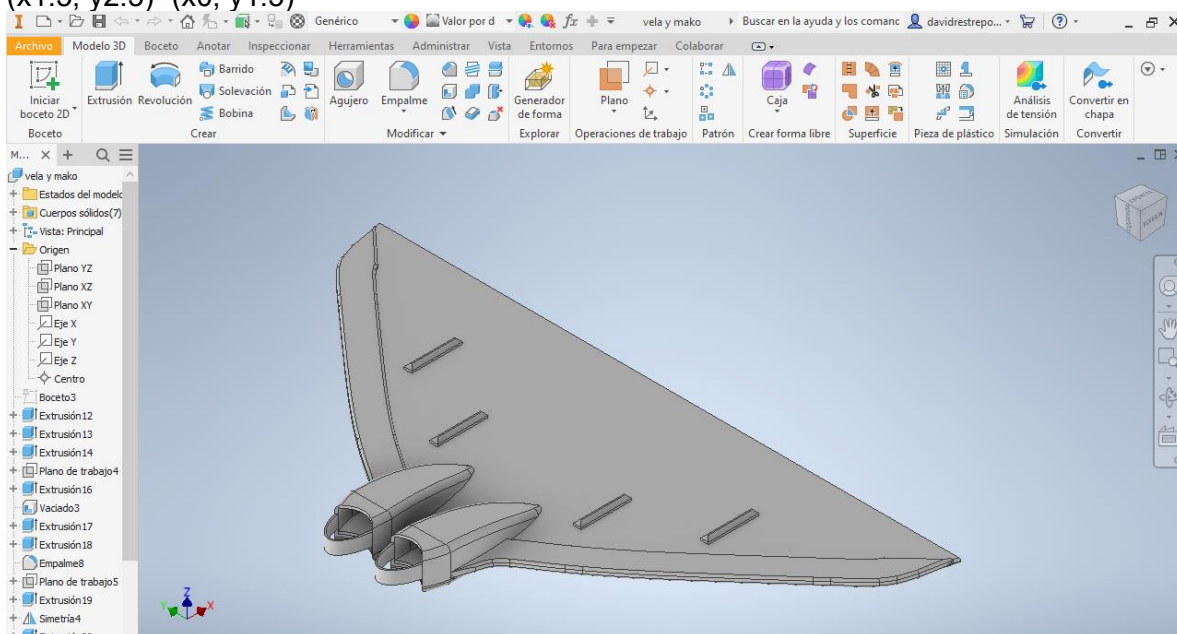


Figura 0.11 Resultado de la unión del pez vela y tiburón mako



La figura anterior nos muestra el resultado de la unión de las coordenadas obtenidas en Photoshop del pez vela y tiburón mako, al ser modeladas en el programa de Autodesk inventor profesional.

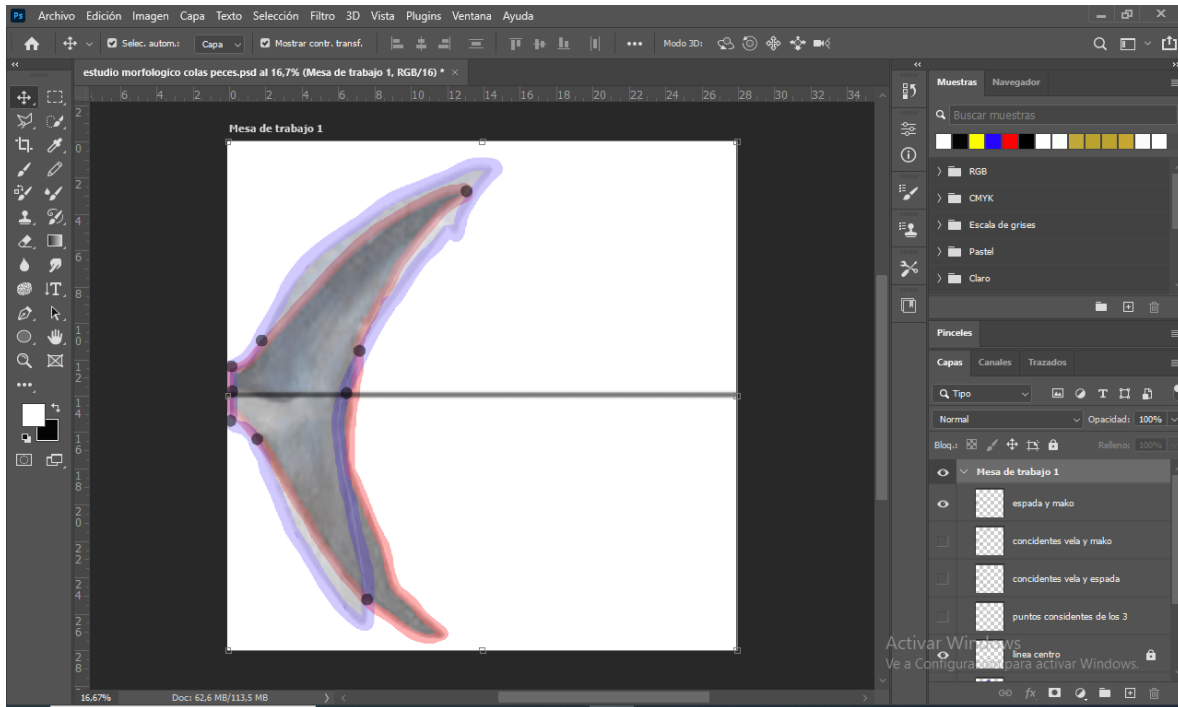


Figura 0.12 Comparativa morfológica de pez espada y tiburón mako

La figura anterior muestra la comparativa morfológica al sobreponer las aletas de las especies pez espada Y tiburón mako, Las coordenadas resultantes fueron (x_0, y_0) (x_0, y_2) $(x_2, y_{2.5})$ $(x_{13}, y_{11.3})$ $(x_{7.3}, y_{2.5})$ $(x_{6.2}, y_0)$ $-(x_{7.5}, y_{11.5})$ $-(x_{1.5}, y_{2.5})$ $-(x_0, y_{1.5})$.



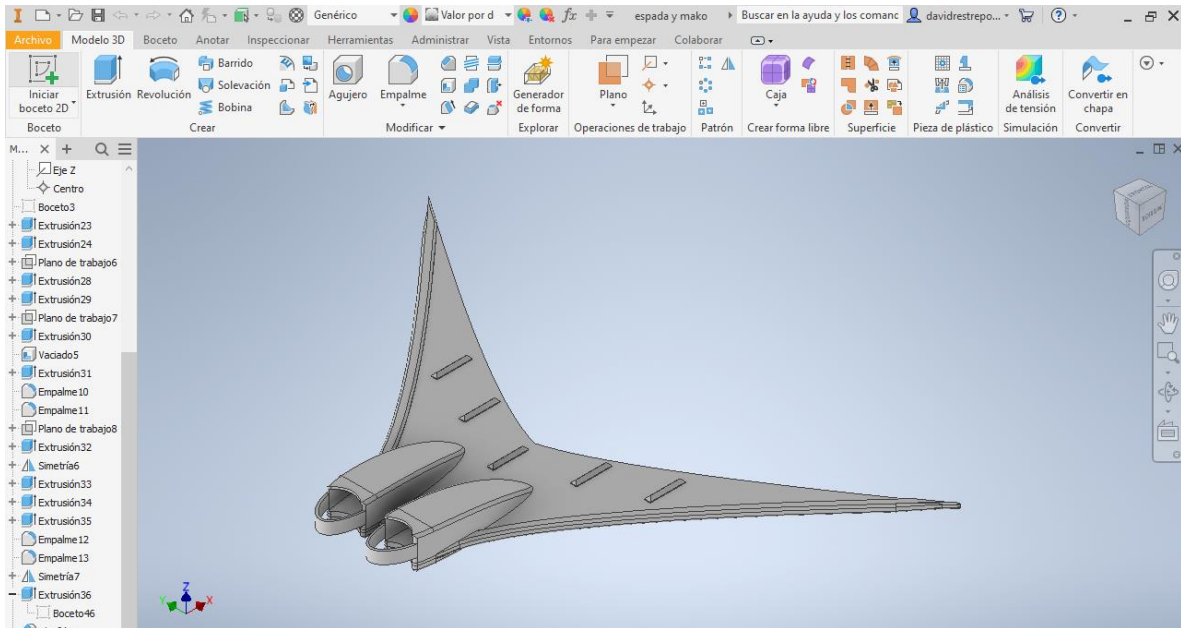


Figura 0.13 resultado de la unión de pez espada y tiburón mako

La figura anterior nos muestra el resultado de la unión de las coordenadas obtenidas en Photoshop del pez espada y tiburón mako al ser modeladas en el programa de Autodesk inventor profesional.

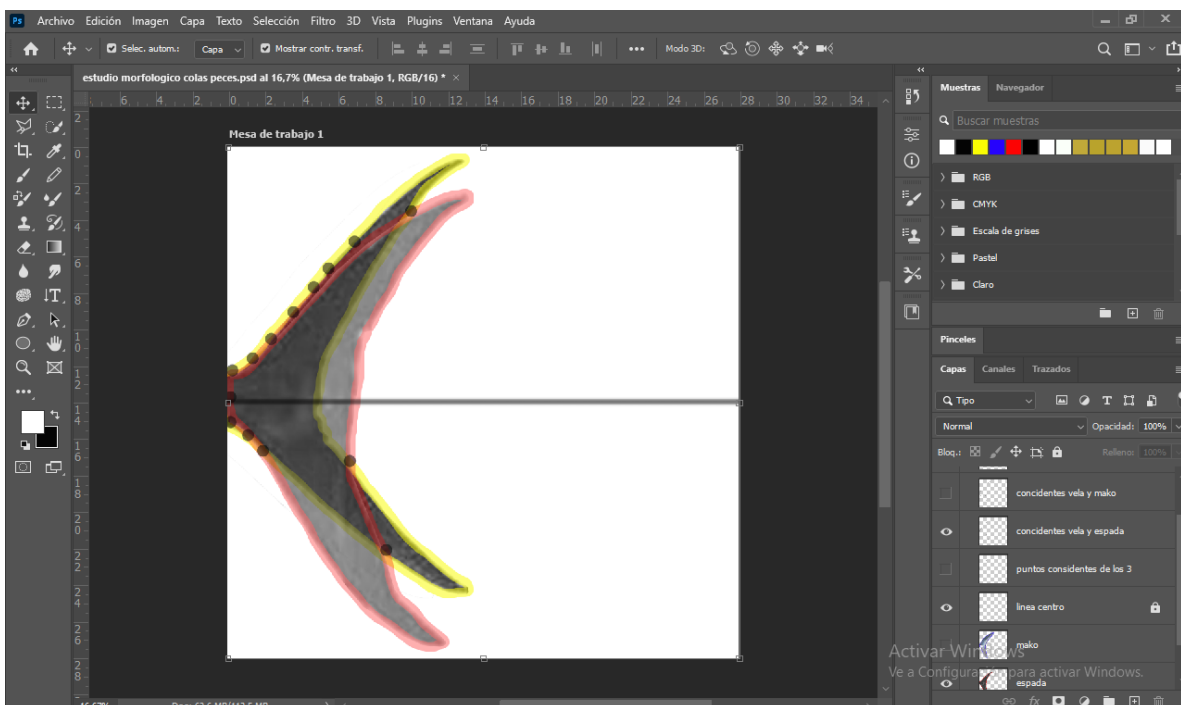


Figura 0.14 comparativa morfológica del pez vela y pez espada

La figura anterior muestra la comparativa morfológica al sobreponer las aletas de las especies pez vela y pez espada, Las coordenadas resultantes fueron (x_0, y_0) (x_0, y_2)

(x1.5, y2.5) (x2.5, y3.5) (x3.5, y5) (x4.5, y6.5) (x5.5, y 7.5) (x6.5, y9) (x10, y10.5) -(x6.55, y3.55) -(x8.5, y8) -(x2.5, y7) -(x1, y2) -(x0, y1.5)

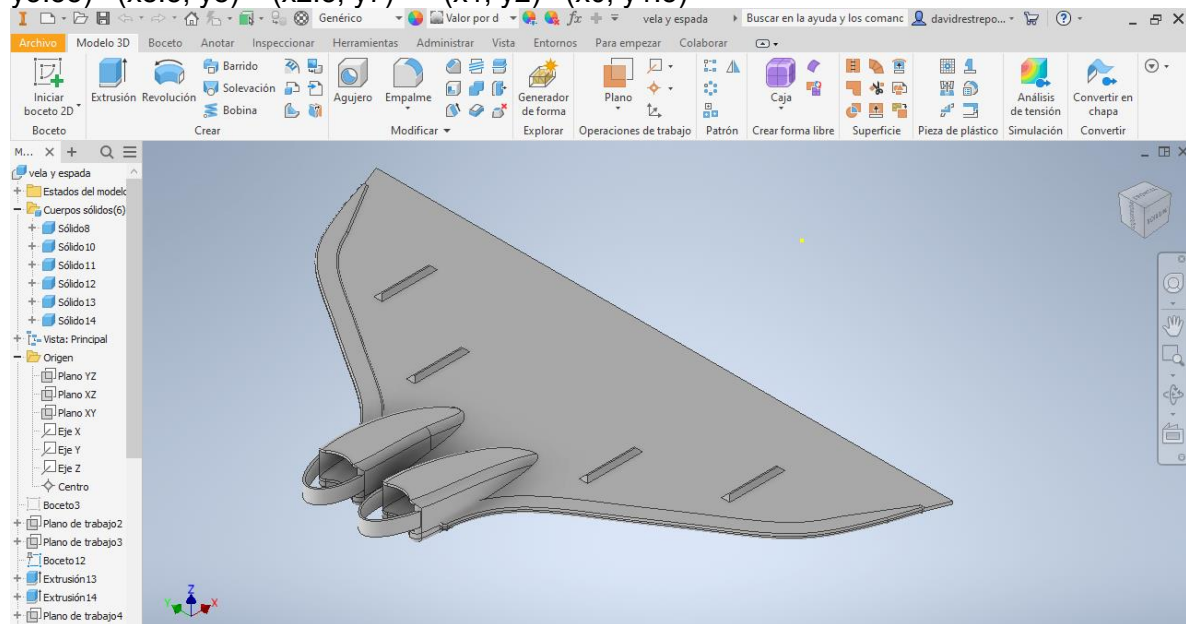


Figura 0.15 Resultado de la unión del pez vela y pez espada

La figura anterior nos muestra el resultado de la unión de las coordenadas obtenidas en Photoshop del pez vela y pez espada al ser modeladas en el programa de Autodesk inventor profesional.

Comparativa movimientos biomecánicos nadador vs pez espada, pez vela y tiburón mako



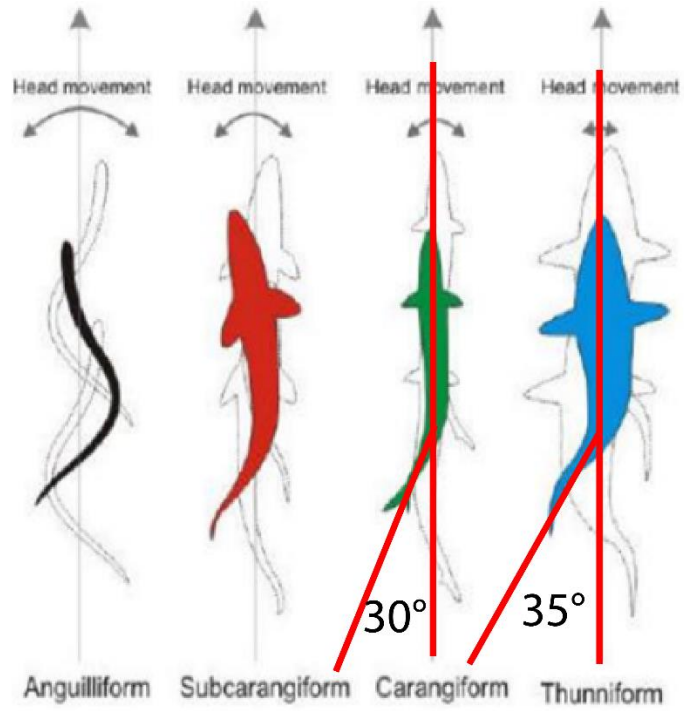


Figura 0.16 Comparativa movimientos biomecánicos nadador vs pez espada, pez vela y tiburón mako



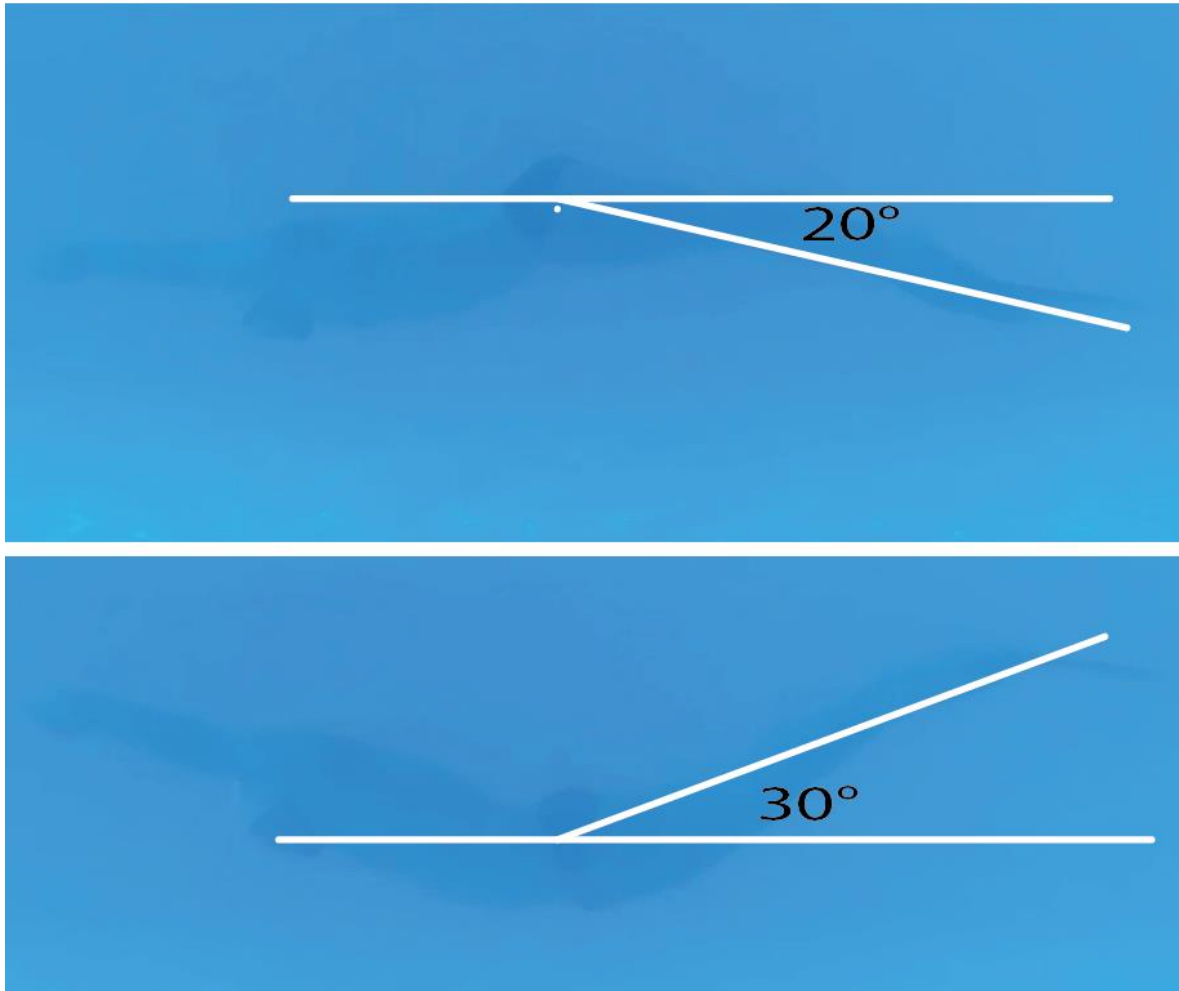


Figura 0.17 Ángulos de movimiento de un nadador desplazándose con mono aleta

En las 2 figuras vistas anteriormente podemos apreciar los ángulos de movimiento generados en 2 tipos de desplazamiento de nado, thunniforme y carangiforme y a su vez los ángulos de movimiento posición inicial y posición final de un nadador desplazándose con una mono aleta. A simple vista podemos apreciar que los ángulos de movimiento del nadador se asemejan al nado carangiforme y se acercan al nado thunniforme. No obstante, cabe resaltar que el nado thunniforme tiene oscilaciones continuas que se emplean por el tiburón mako para nadar largas distancias, esta frecuencia de desplazamiento se mide en Hertz, siendo la del tiburón mako un Hertz, lo que significa que cada ondulación completa tarda un segundo en completarse, en este sentido tenemos una similitud con el desplazamiento del nadador ya que la frecuencia de este es de 1,2 hertz, valor muy cercano al del tiburón mako.

El punto de intersección del ángulo ubicado en la cadera del nadador representa el primer punto de articulación de la cola del pez en la figura de tipos de nado, este es un punto referente para medir la biomecánica del movimiento del nadador y de los peces.



EJECUCIÓN

02

CAPÍTULO 2. EJECUCIÓN

IDEACIÓN

La técnica usada para llegar a la selección de la aleta adecuada fue una selección minuciosa de coordenadas en un plano cartesiano de las cuales se seleccionó la comparativa de puntos coincidentes en el plano (x,y) de las aletas caudales del pez vela y pez espada, las cuales obtuvieron mayor cantidad de puntos coincidentes a diferencia de las otras 3 ya enseñadas en el estudio morfológico del proyecto. Cabe aclarar que se llegó también a la selección de estas especies gracias a la investigación previa en donde se encuentran proyectos como Hydrodynamic Characteristics of the Shortfin Mako Shark (*Isurus oxyrinchus*) for Two Caudal Fin Morphologies y Hydrodynamic Characteristics of the Sailfish (*Istiophorus platypterus*) and Swordfish (*Xiphias gladius*) in Gliding Postures at Their Cruise Speeds las cuales fueron fundamentales para encontrar características similares entre estas especies que llevan el proyecto a optar por dar selección a estas para la creación de la mono aleta de natación.





PROPUESTAS DE DISEÑO

Propuesta 1 pez vela, pez espada y tiburón mako

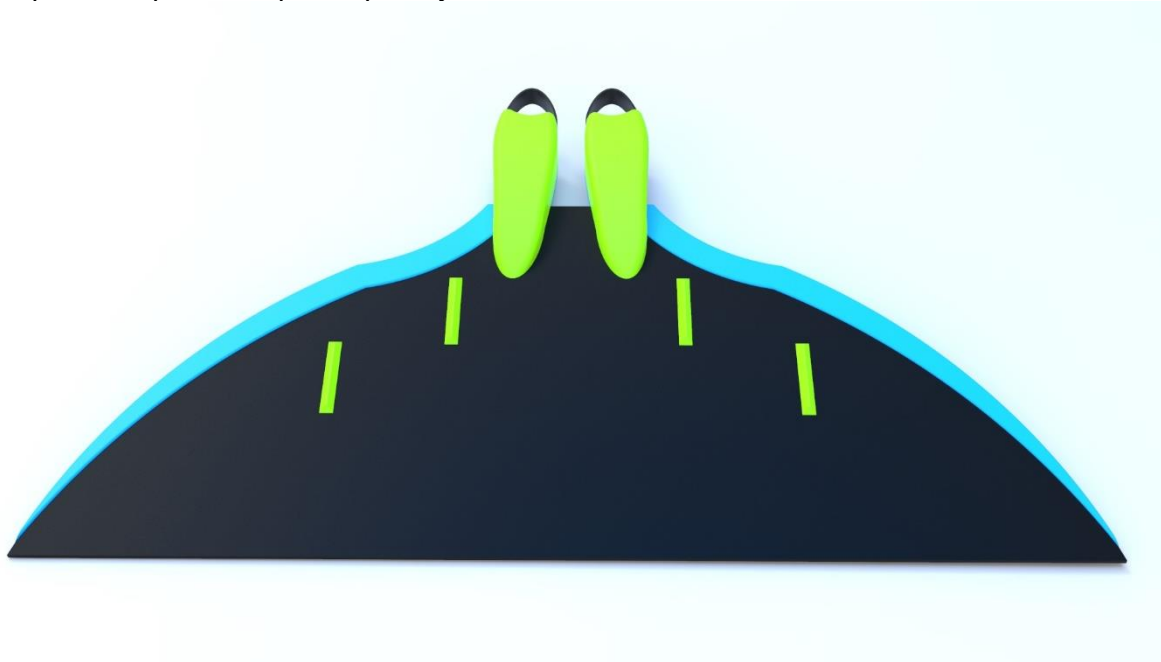


Figura 0.1 Propuesta de diseño de aleta pez vela, pez espada y tiburón mako 1

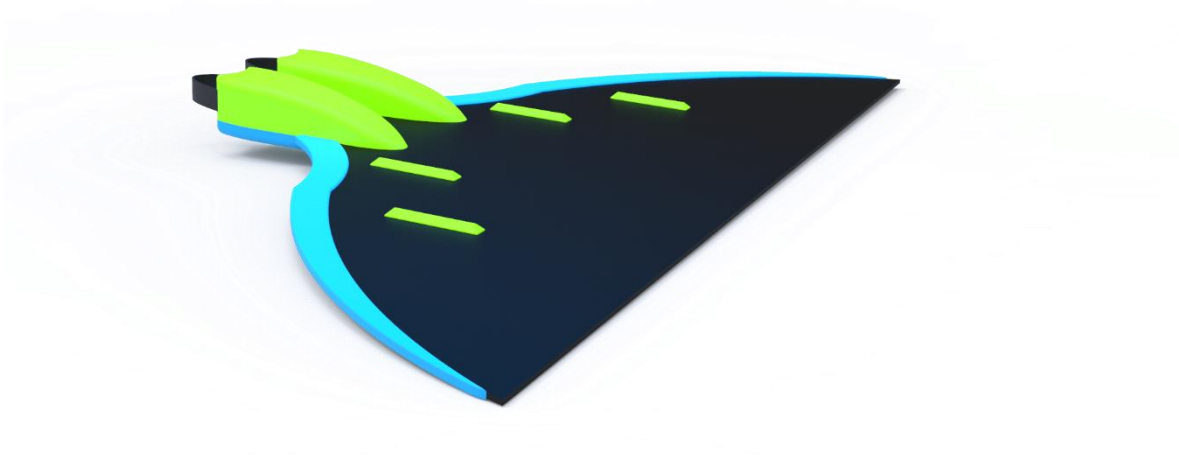


Figura 0.2 Propuesta de diseño de aleta pez vela, pez espada y tiburón mako 2



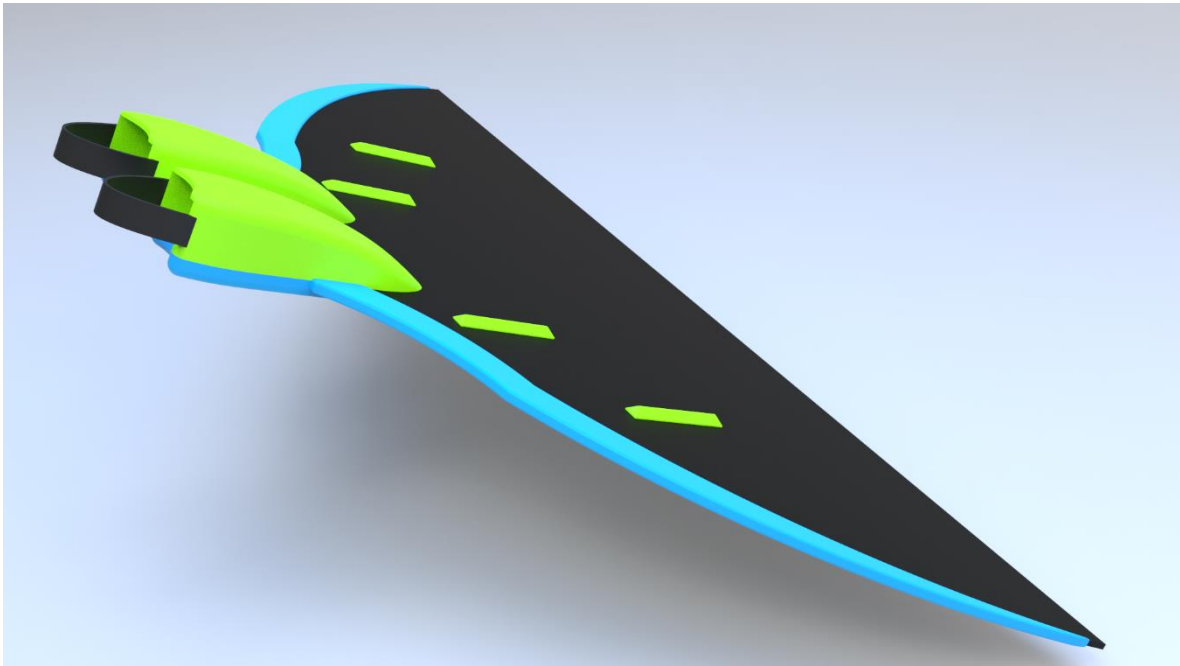


Figura 0.3 Propuesta de diseño pez vela, pez espada y tiburón mako 3

Propuesta 2 pez vela y tiburón mako

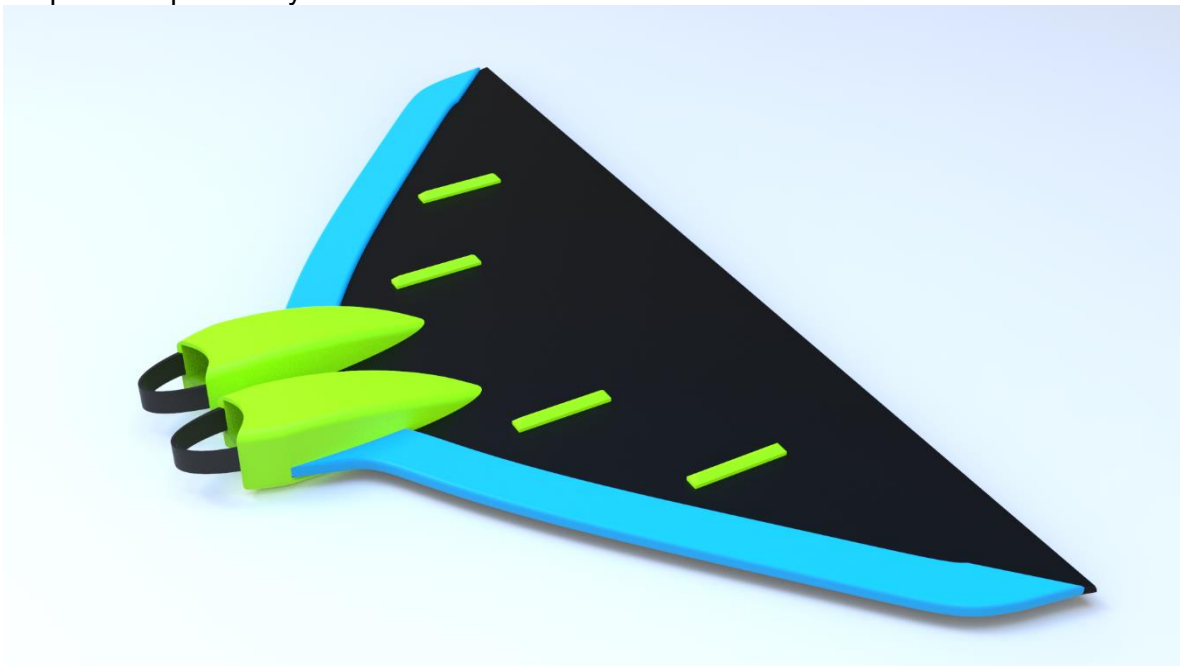


Figura 0.4 Propuesta de diseño pez vela y tiburón mako





Figura 0.5 Propuesta de diseño pez vela y tiburón mako 2

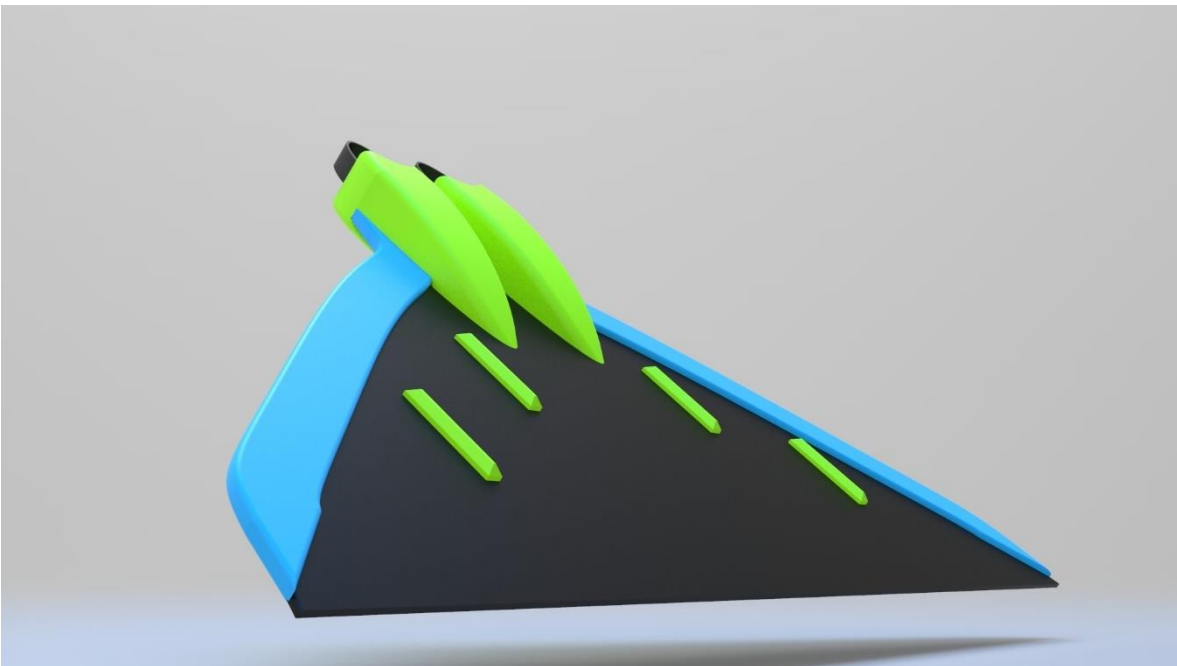


Figura 0.6 Propuesta de diseño pez vela y tiburón mako 3





Pez espada y tiburón mako

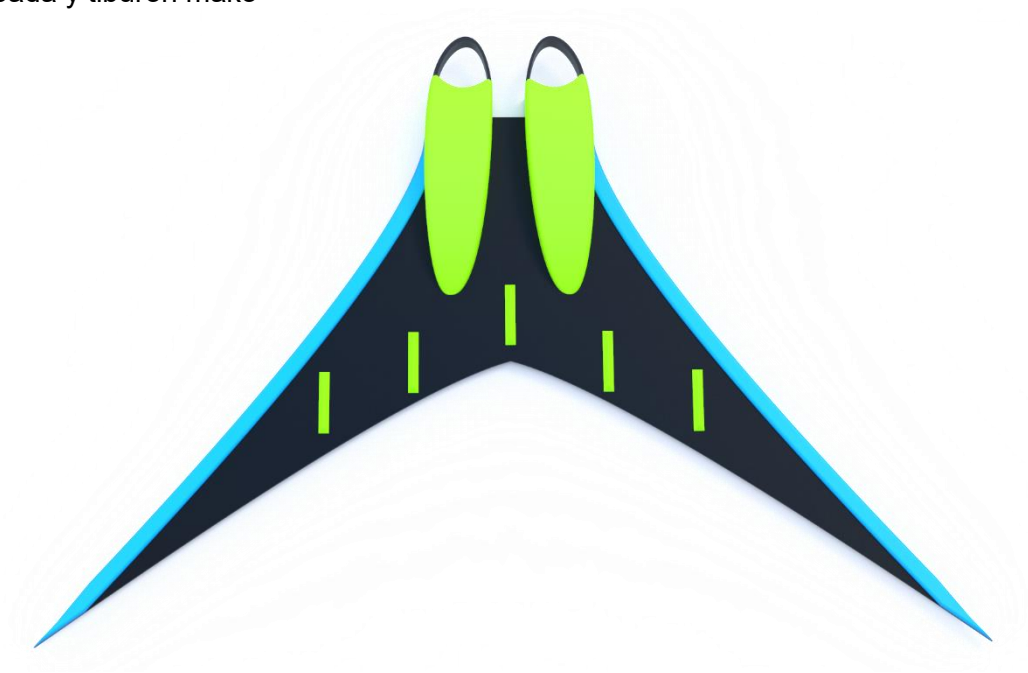


Figura 0.7 Propuesta de diseño de pez espada y tiburón mako 1



Figura 0.8 Propuesta de diseño de pez espada y tiburón mako 2





Figura 0.9 Propuesta de diseño pez espada y tiburón mako 3

Pez vela y pez espada

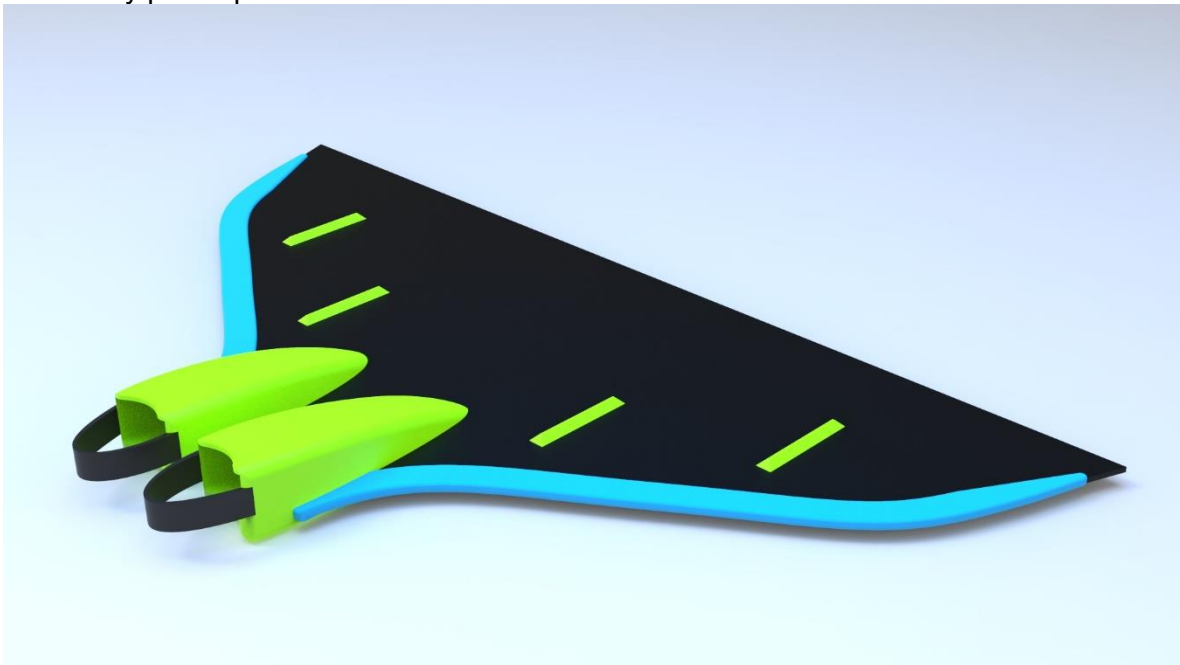


Figura 0.10 Propuesta de diseño pez vela y pez espada 1





Figura 0.11 Propuesta de diseño pez vela y pez espada 2

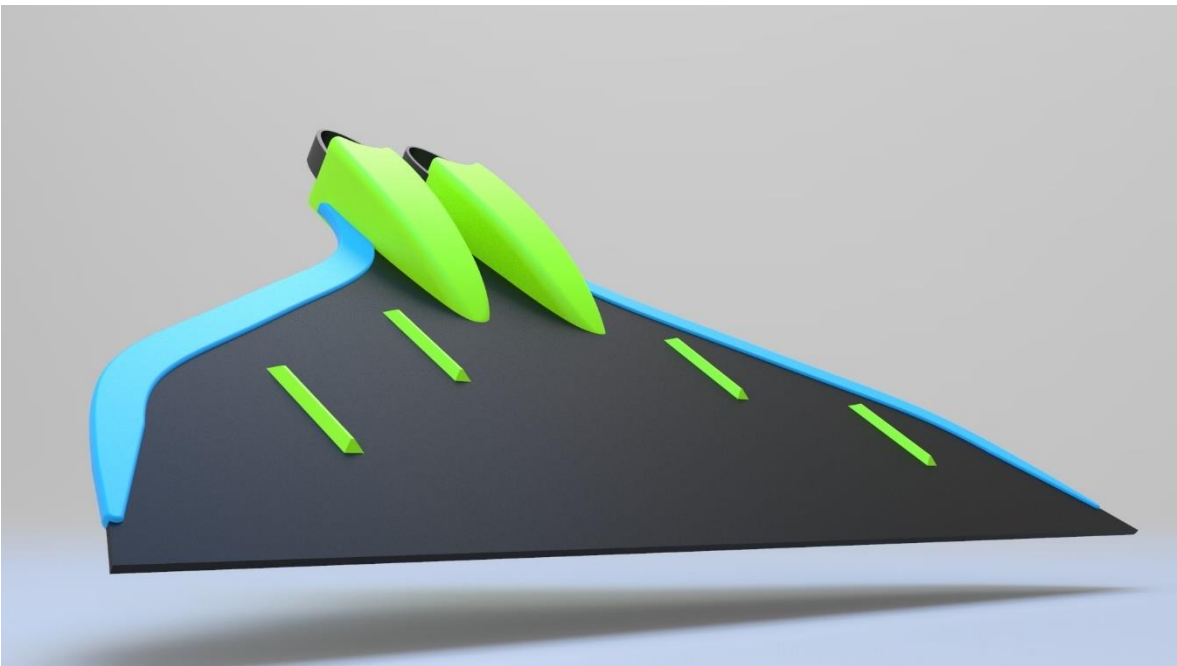


Figura 0.12 Propuesta de diseño pez vela y pez espada 3

Evaluación de las propuestas

Cabe aclarar que todas las propuestas de diseño pasaron por el filtro de plano cartesiano y que la selección posterior viene de la cantidad de puntos coincidente mayor en una de las cuatro propuestas de diseño como ya fue previamente explicado en el estudio morfológico.



La propuesta tiburón vela tiburón espada y tiburón mako tuvieron ocho puntos coincidentes, la del pez vela y el tiburón mako tuvieron once, la de pez espada y el tiburón mako tuvieron nueve y la del pez vela y pez espada que fue la seleccionada tubo catorce puntos a favor por lo que se toma la decisión de seleccionarla. Debido a su mayoría de puntos coincidentes

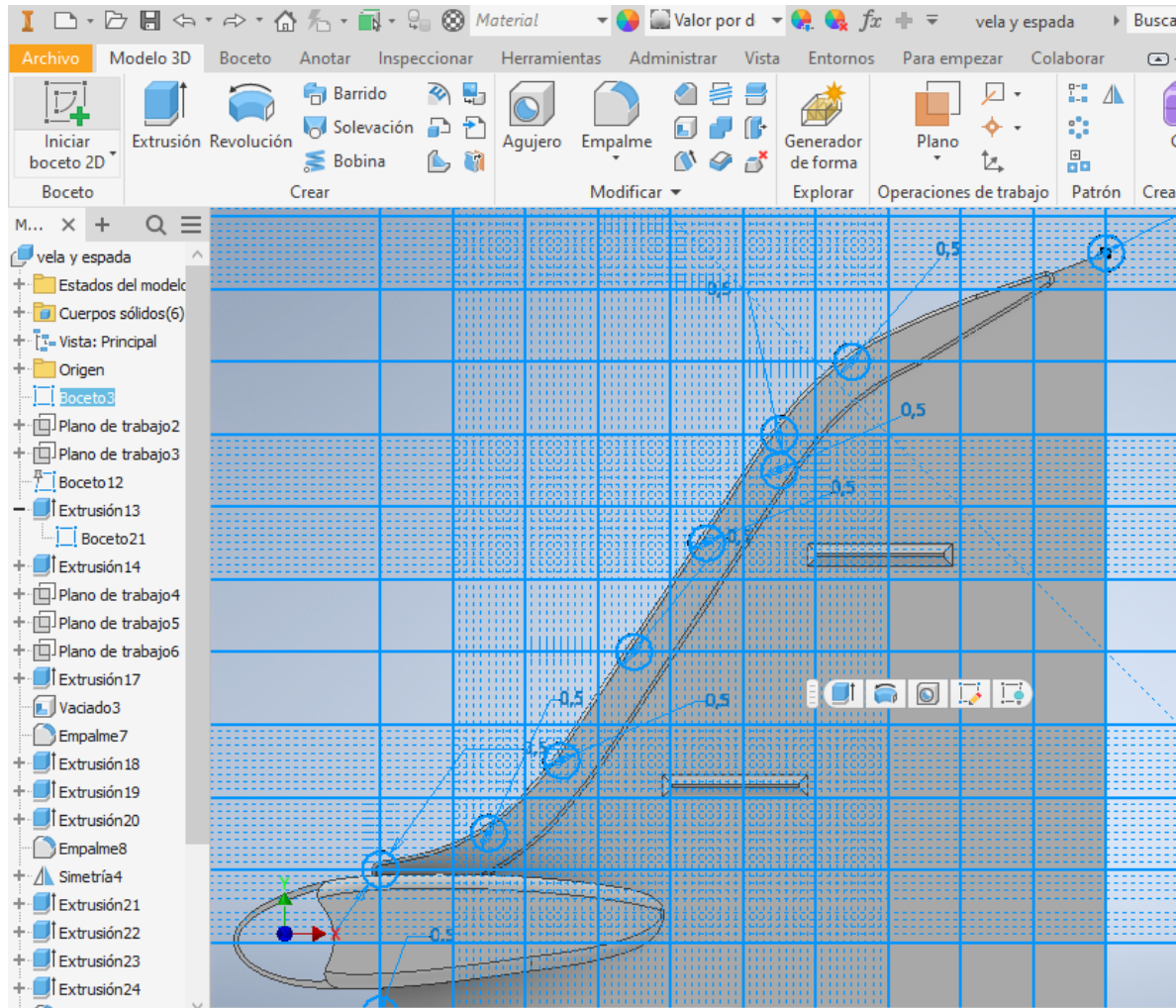


Figura 0.13 Coordenadas que conforman la aleta

En la figura anterior podemos apreciar mejor la forma en la que se ubican las coordenadas en el espacio. Los círculos en el perímetro de la aleta son las diferentes coordenadas plasmadas en la mesa de trabajo de la herramienta de modelado 3D inventor profesional. Ahora bien, se optó también por modelar una aleta real abalada por la CMAS y específicamente la forma de la pala y así comparar su morfología con la de la aleta diseñada en este proyecto en un ambiente simulado de piscina.

La natación es una disciplina que ha evolucionado constantemente, y la optimización de los equipos utilizados juega un papel crucial en el rendimiento de los nadadores. En este

contexto, las aletas son herramientas fundamentales que influyen directamente en la eficacia del desplazamiento a través del agua.

El rendimiento de las aletas en la natación ha sido objeto de numerosas investigaciones debido a su impacto directo en la velocidad y la eficiencia del nadador. El diseño y la eficacia de las aletas pueden variar considerablemente, y entender estas diferencias es esencial para mejorar las técnicas de natación y optimizar el entrenamiento de los atletas.

Metodología:

Para llevar a cabo este estudio, se implementó una simulación computarizada que modela las condiciones de una piscina. Se seleccionaron dos tipos de aletas, Aleta A y Aleta B, para ser sometidas a pruebas de desplazamiento bajo condiciones idénticas. La simulación permitió analizar la resistencia al agua, la propulsión generada y otros factores relevantes que afectan el rendimiento de las aletas, cabe aclarar que la aleta A es el diseño que surge de esta investigación y la B es la aleta ya existente abalada por la CMAS esta información respecto a las aletas certificadas se puede corroborar en las páginas oficiales de la CMAS dichas paginas fueron usadas para este tipo de información. Además, se tuvo acceso a una aleta de una de estas marcas para tomarle medidas y poder replicarla en un modelo 3D. (CMAS, 2022)

Resultados:

Los resultados preliminares de la simulación indican que la Aleta A supera significativamente a la Aleta B en términos de desplazamiento. Se observa una mayor eficiencia en la propulsión y una menor resistencia al agua con la Aleta A, lo que sugiere un diseño más adecuado para el entorno simulado de la piscina.

Aleta A

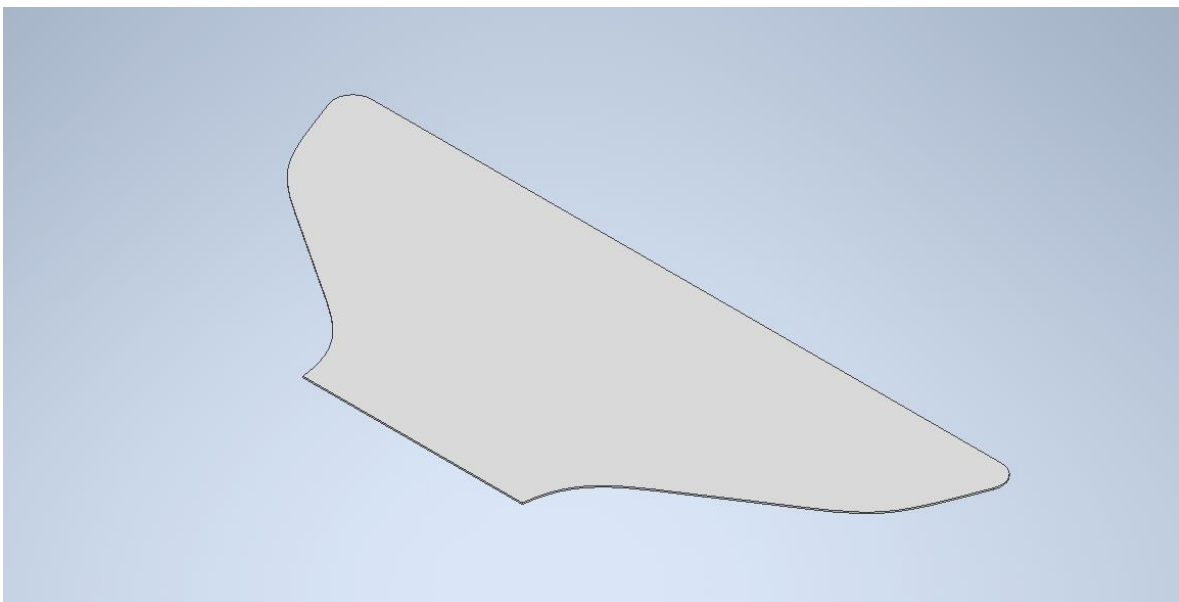


Figura 0.14 Pala de aleta resultante entre pez vela y pez espada





Aleta B

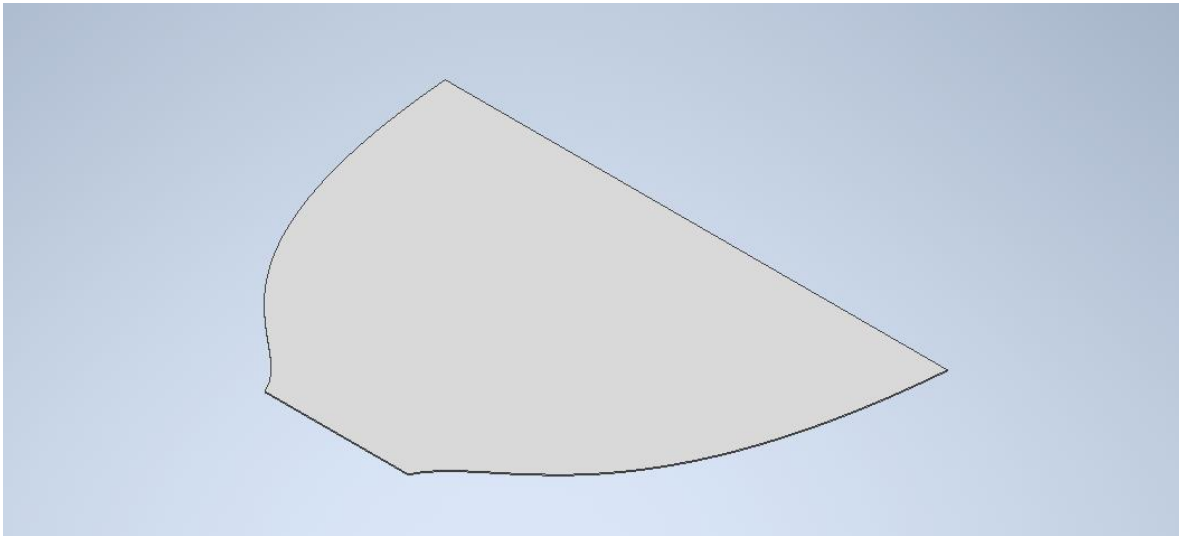


Figura 0.15 Pala de aleta ya existente y aprobada por cmas

La elección de una aleta adecuada es crucial para optimizar el rendimiento del nadador. Los resultados preliminares de esta simulación respaldan la idea de que la Aleta A puede ser más efectiva en términos de desplazamiento en comparación con la Aleta B. Este hallazgo tiene implicaciones directas para los nadadores, entrenadores y diseñadores de equipos, ya que sugiere que la selección de las aletas correctas puede marcar una diferencia significativa en el rendimiento en la piscina.

DEZPLAZAMIENTO

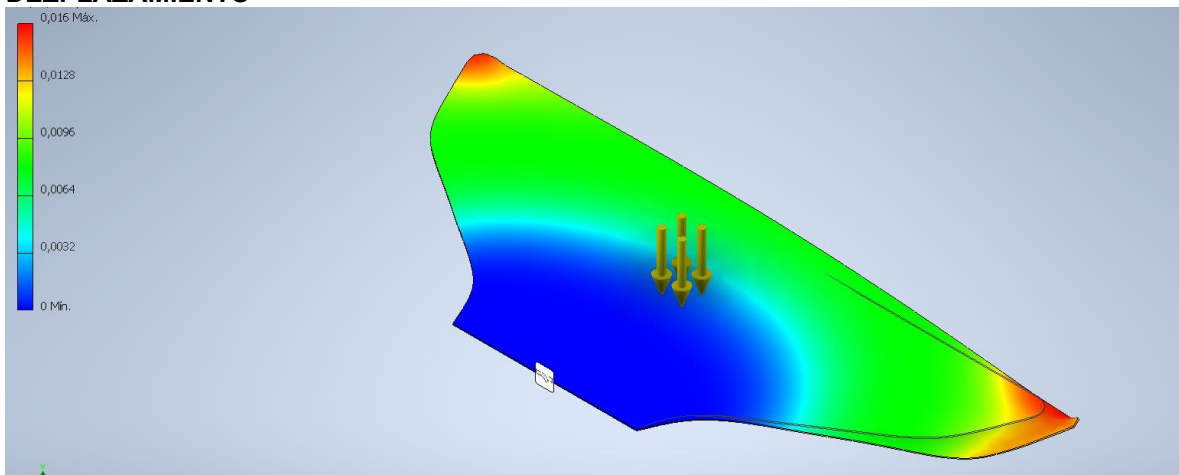


Figura 0.16 Estudio de desplazamiento de aleta A 1

La figura anterior nos muestra el desplazamiento en mm de la aleta A en donde los colores simbolizan en un orden de máximo desplazamiento a mínimo desplazamiento al aplicar un esfuerzo. Teniendo esto claro el rojo es el máximo seguido del amarillo, verde, azul claro y azul oscuro



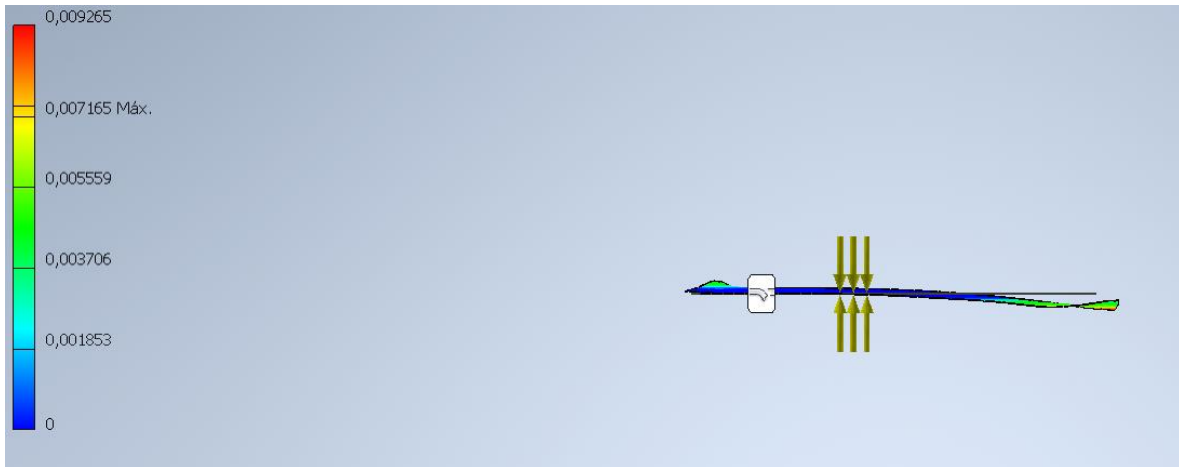


Figura 0.17 Estudio de desplazamientos de aleta A 2

La figura anterior nos muestra el desplazamiento en mm de la aleta A en donde los colores simbolizan en un orden de máximo desplazamiento a mínimo desplazamiento al aplicar un esfuerzo, pero esta vez desde una vista lateral. Teniendo esto claro el rojo es el máximo seguido del amarillo, verde, azul claro y azul oscuro

DEFORMACION

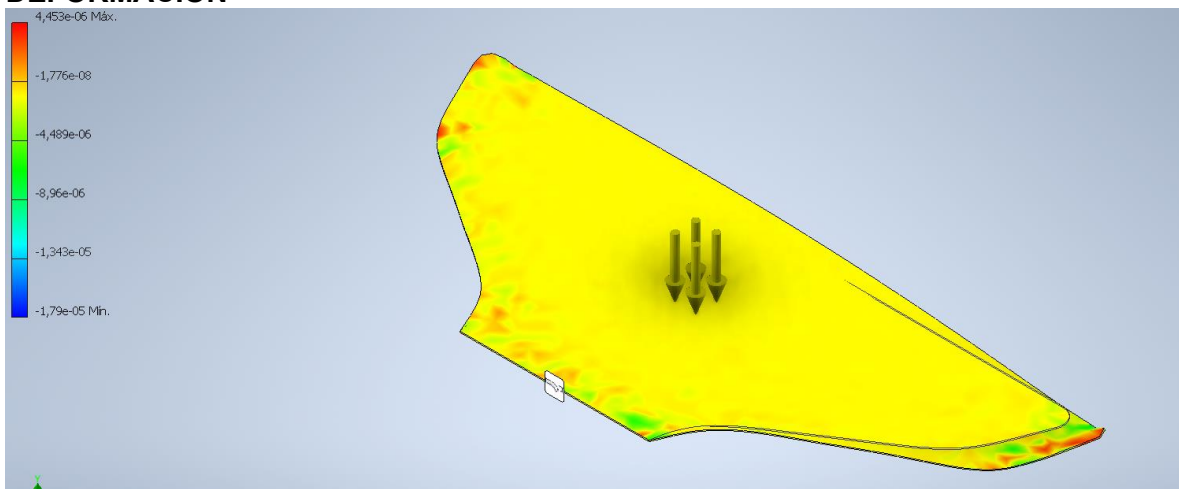


Figura 0.18 Estudio deformación A

En la figura anterior se puede apreciar la deformación de la aleta A en la forma. donde en la parte derecha de la pala podemos ver un perímetro inicial dibujado en una línea de contorno el cual sufre una deformación después de aplicar un esfuerzo empezando en $-1,79e-05$ mm y terminando con una deformación máxima de $4,453e-06$ mm

DEZPLAZAMIENTO

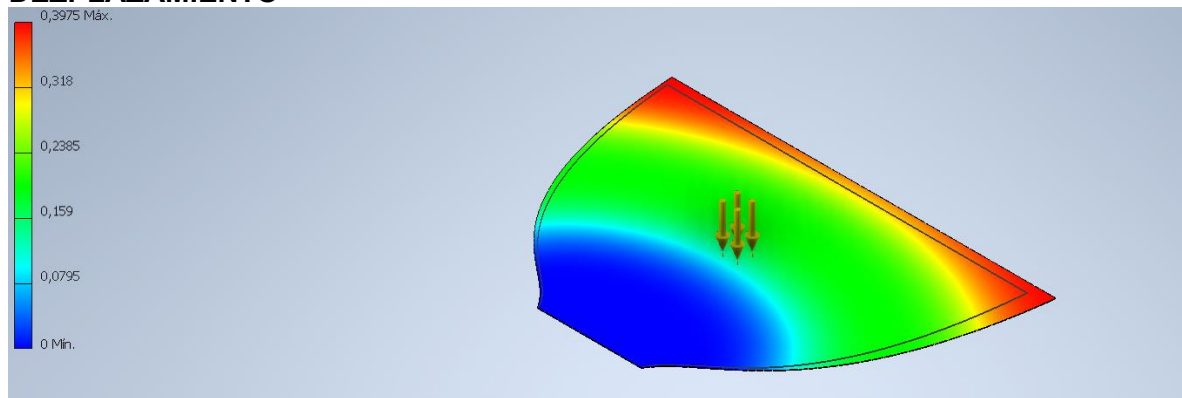


Figura 0.19 Estudio desplazamiento de aleta B 1

La figura anterior nos muestra el desplazamiento en mm de la aleta B en donde los colores simbolizan en un orden de máximo desplazamiento a mínimo desplazamiento al aplicar un esfuerzo. Teniendo esto claro el rojo es el máximo seguido del amarillo, verde, azul claro y azul oscuro

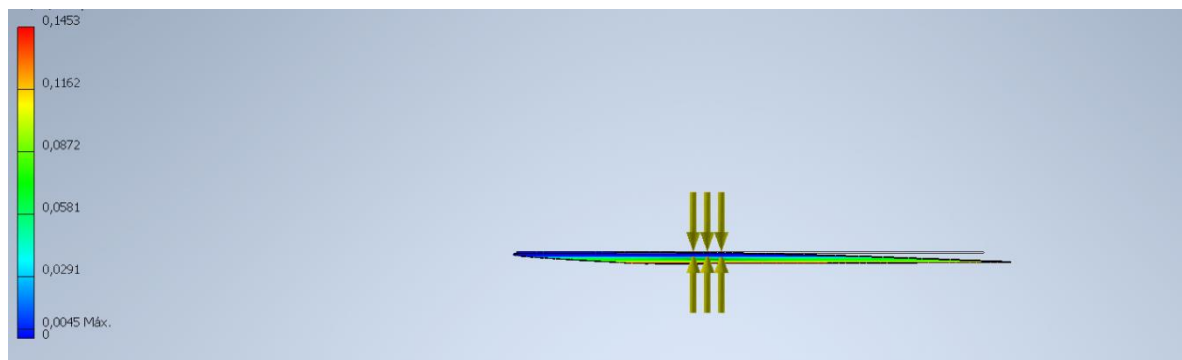


Figura 0.20 Estudio de desplazamiento de aleta B 2

La figura anterior nos muestra el desplazamiento en mm de la aleta B en donde los colores simbolizan en un orden de máximo desplazamiento a mínimo desplazamiento al aplicar un esfuerzo, pero esta vez desde una vista lateral. Teniendo esto claro el rojo es el máximo seguido del amarillo, verde, azul claro y azul oscuro

DEFORMACION



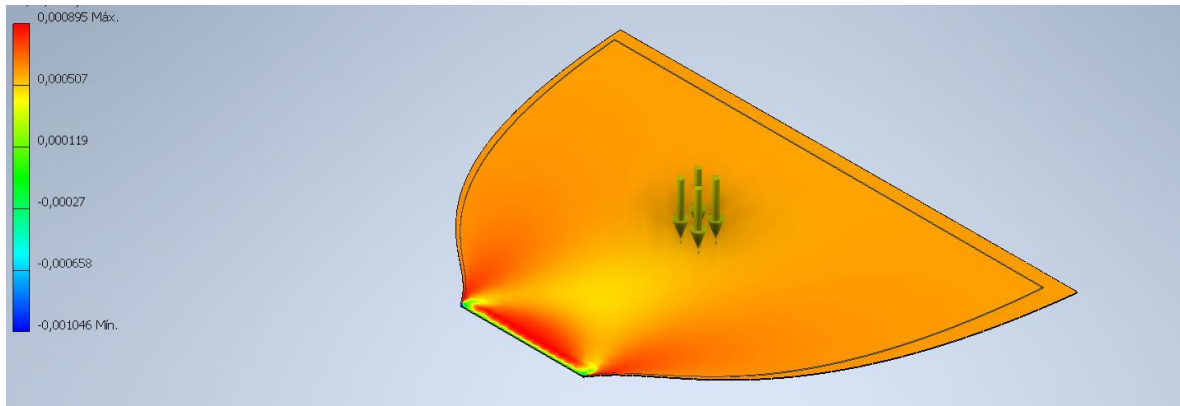


Figura 0.21 Estudio deformación B

En la figura anterior se puede apreciar la deformación de la aleta B en la forma. El color más rojizo a comparación de la aleta A nos indica una mayor deformación en la forma empezando con un mínimo de $-0,001046$ mm a un máximo de $0,000895$ mm.

Según Sebastián molina martines entrenador universitario de natación con aletas del Instituto tecnológico metropolitano y manejador de los grupos de competencia, con una experiencia de 6 años en esta disciplina. Afirma que la eficiencia de una mono aleta se da en gran parte cuando no se genera una forma de dobles de la pala en cuanto al material. Lo que si vemos desde el punto de vista ingenieril es la resistencia a la deformación por aplicaciones de fuerzas de flexión o mejor llamados módulos de ruptura a la flexión. Dichas deformaciones se ven claramente en el estudio realizado a las aletas A y B en donde se ve una clara diferencia en las deformaciones ilustradas con un desplazamiento en mm, lo que nos da a entender teniendo en cuenta la experiencia y el conocimiento del experto Sebastián molina a quien se le realizo la entrevista. de que la aleta A es más eficiente que la aleta B.

DISEÑO DE DETALLE

Teniendo en cuenta los resultados dados en el estudio mecánico que se realizó y donde la aleta A mostro una mejor eficiencia se opta por generar planos, medidas generales y

procesos de manufactura recomendados. Los materiales y los procesos de manufactura salen de investigaciones previas donde la creación de otras aletas fue generada con éxito.

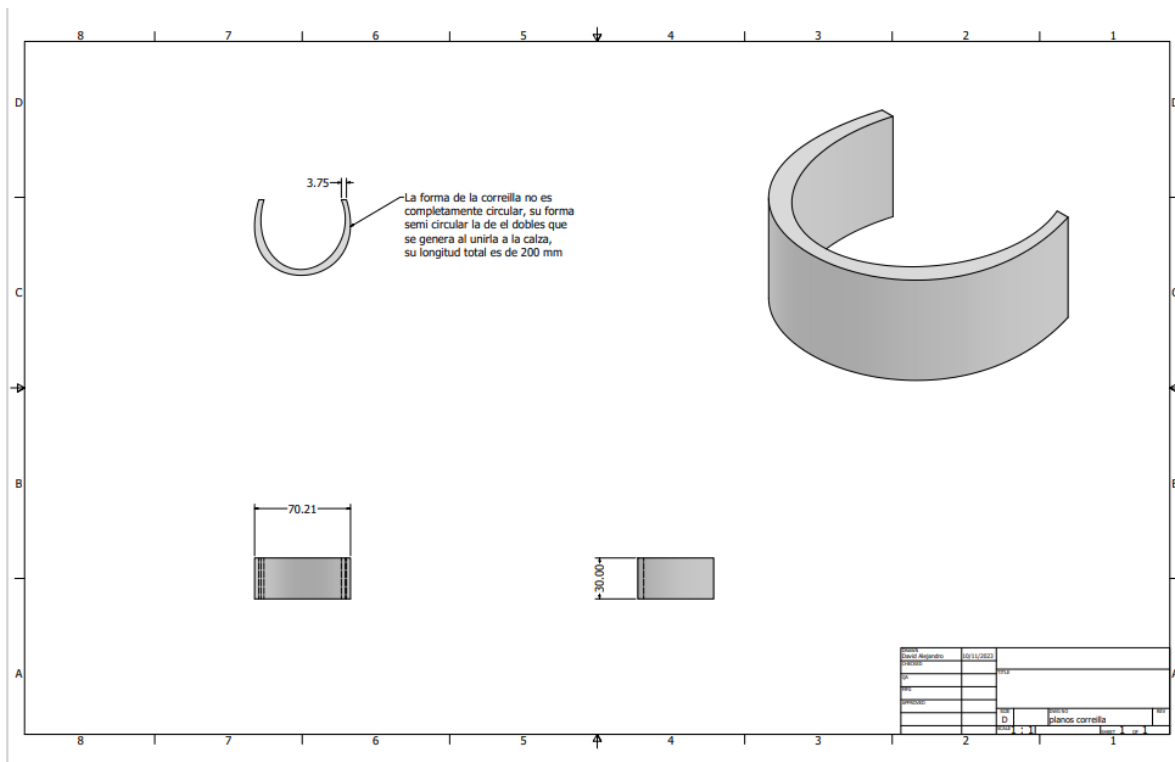


Figura 0.1 Correa de sujeción de la aleta

Correa de sujeción de la aleta: Esta parte de la aleta es la encargada de mantener la sujeción de la aleta al pie, gracias a que va ajustada a la parte trasera de ambos calcáneos, su material de fabricación es resina VMQ. En el plano podemos apreciar sus medidas reales.

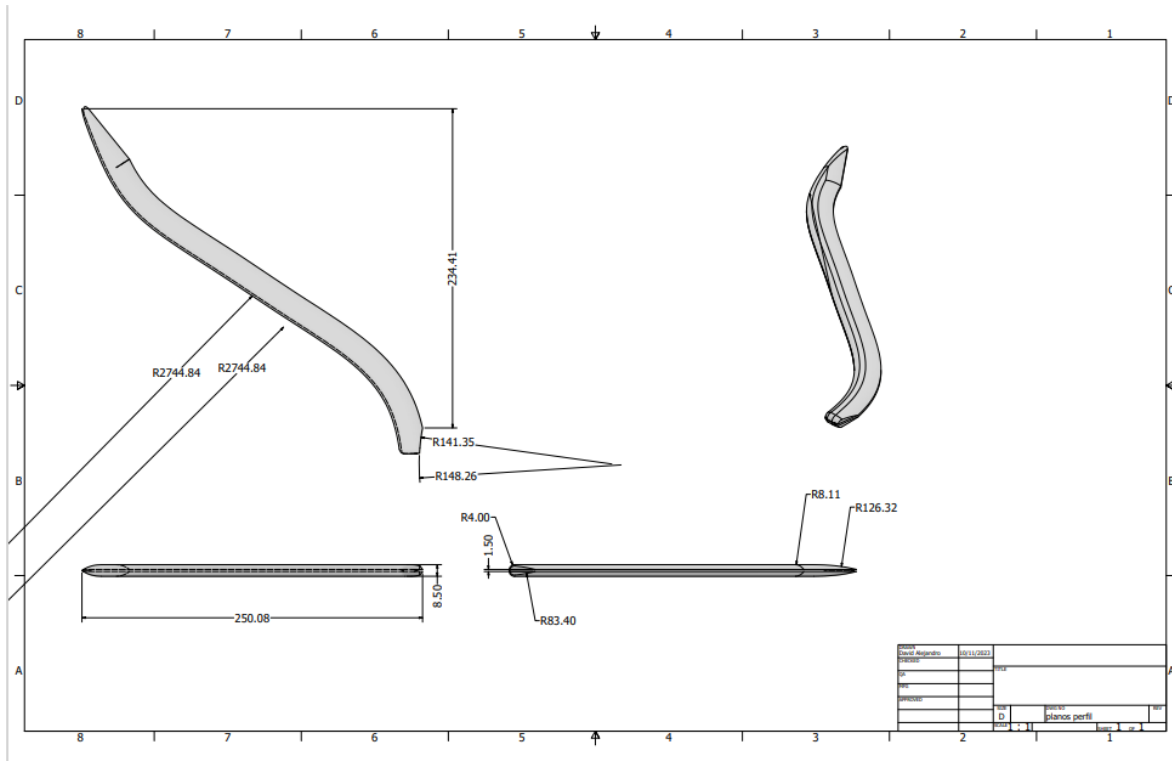


Figura 0.2 Perfiles laterales de la aleta

Perfiles laterales de la aleta: Los perfiles van a los lados de la pala de la aleta y su función es minimizar los impactos directos en los laterales de la pala y a su vez proporcionar una capacidad mayor de fuerzas de flexión e impactos (mayor tenacidad). Su material de fabricación es resina VMQ. En el plano podemos apreciar sus medidas reales.



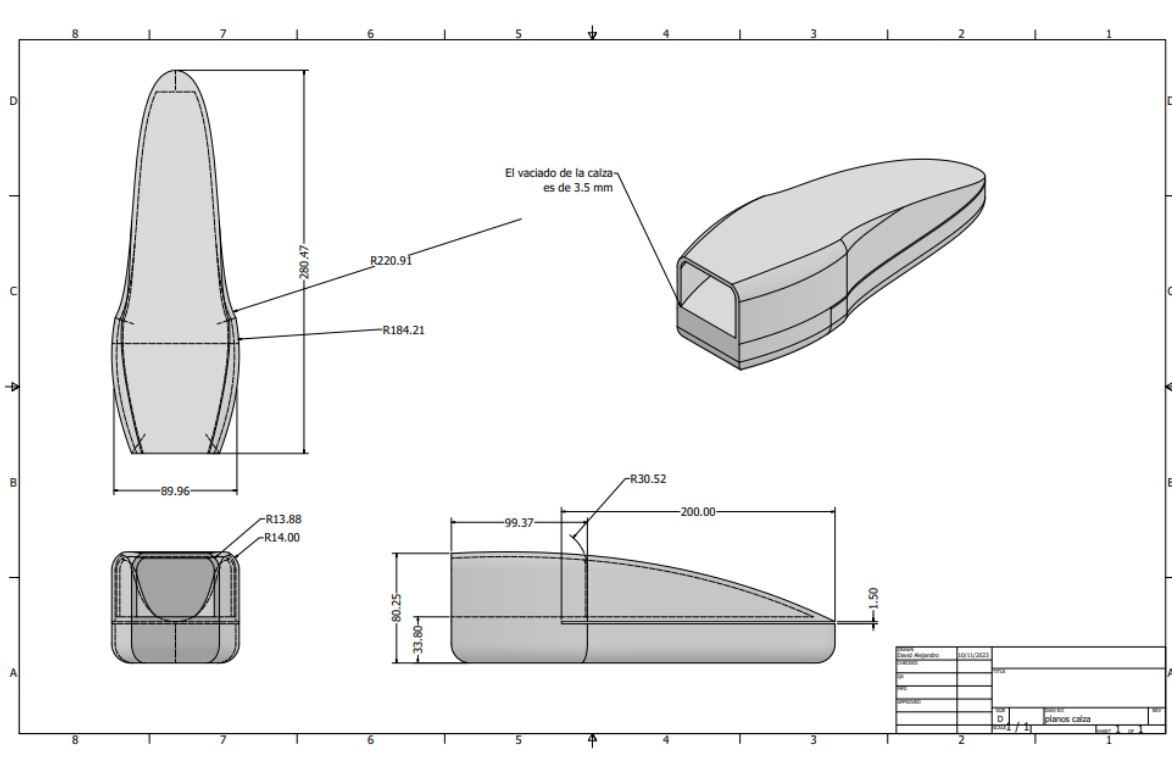


Figura 0.3 Calza de la aleta

Calza de la aleta: La calza es la parte de la aleta que nos permite hacer de la aleta uno con nuestro cuerpo, en esta parte van metidos los pies del deportista haciendo conjunto con la correa de sujeción, su material de fabricación es silicona VMQ. En el plano podemos apreciar sus medidas reales.

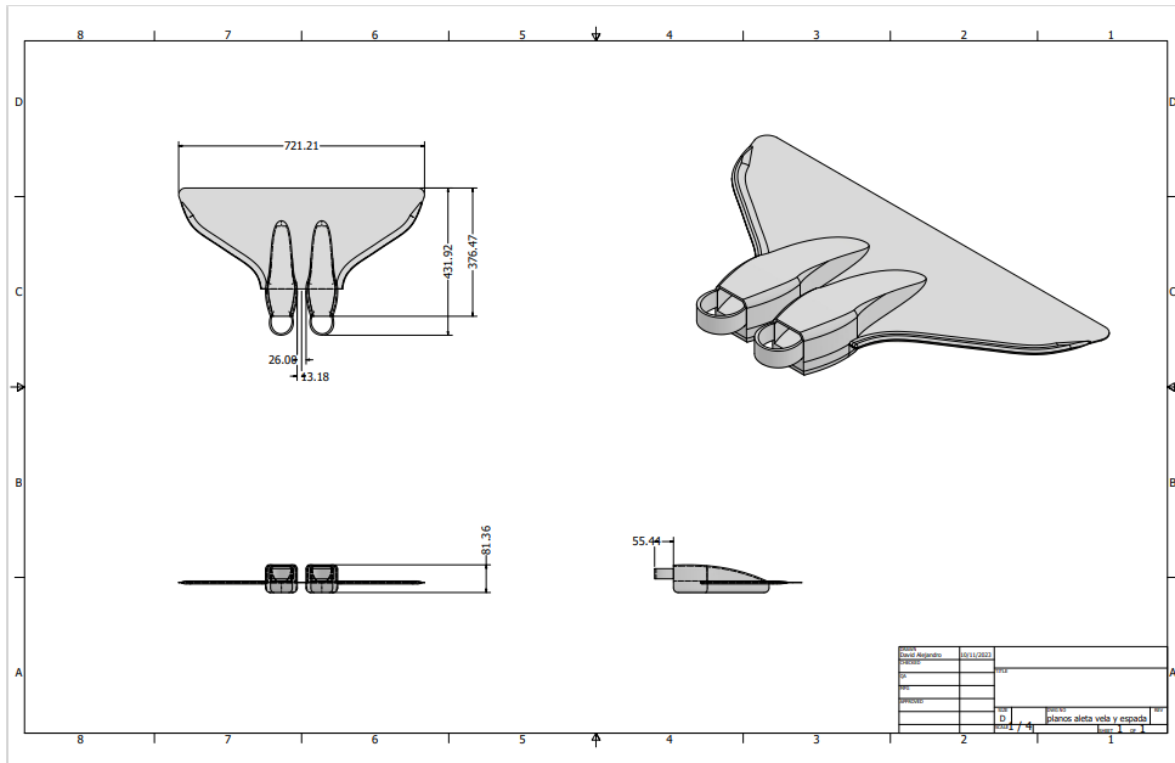


Figura 0.5 Plano de aleta completa

Aleta completa: El plano anterior muestra en conjunto todas las partes de la mona aleta diseñada ya ensamblada en su totalidad con sus mediadas reales. Su material de fabricación es silicona VMQ y fibra de vidrio.



Renders de producto final

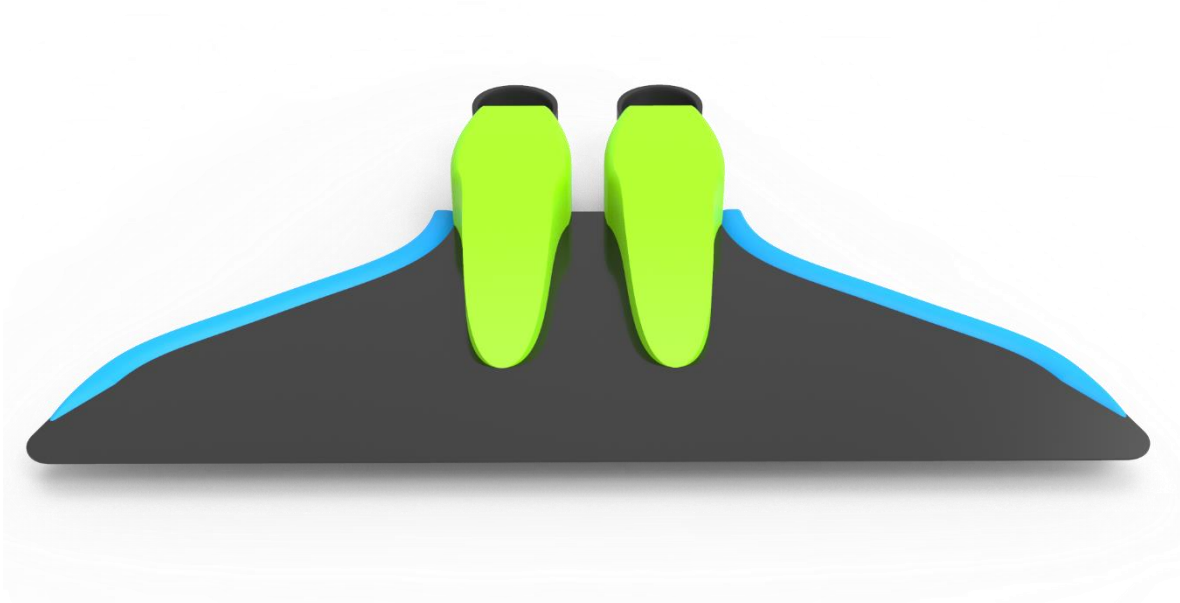


Figura 0.6 Renders de producto final 1

La figura anterior muestra el renderizado de la propuesta final de la aleta en una isometría frontal del producto en la fusión de la cola de estas 2 especies, pez vela y pez espada.



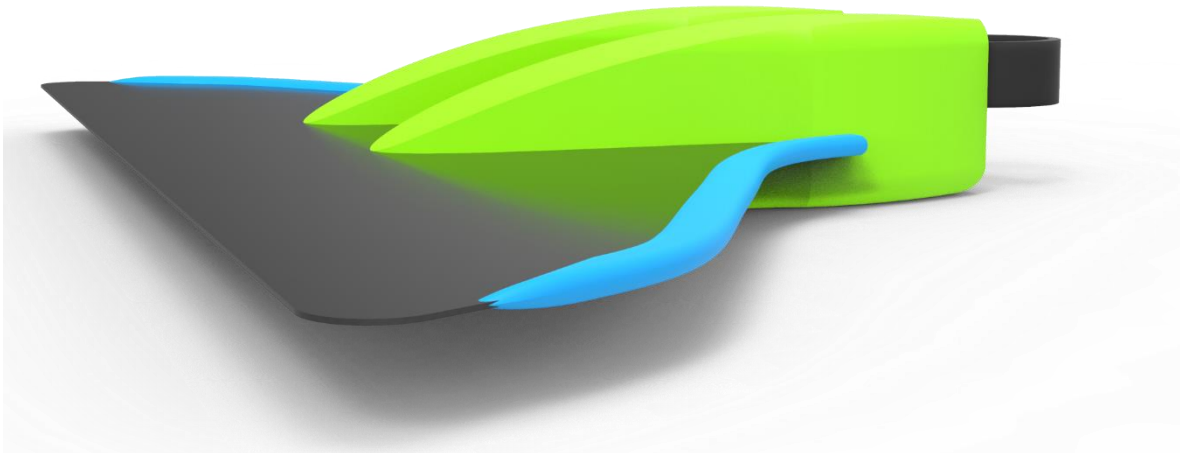


Figura 0.7 Renders de producto final 2

La figura anterior muestra el renderizado de la propuesta final de la aleta en una isometría lateral izquierda del producto en la fusión de la cola de estas 2 especies, pez vela y pez espada.

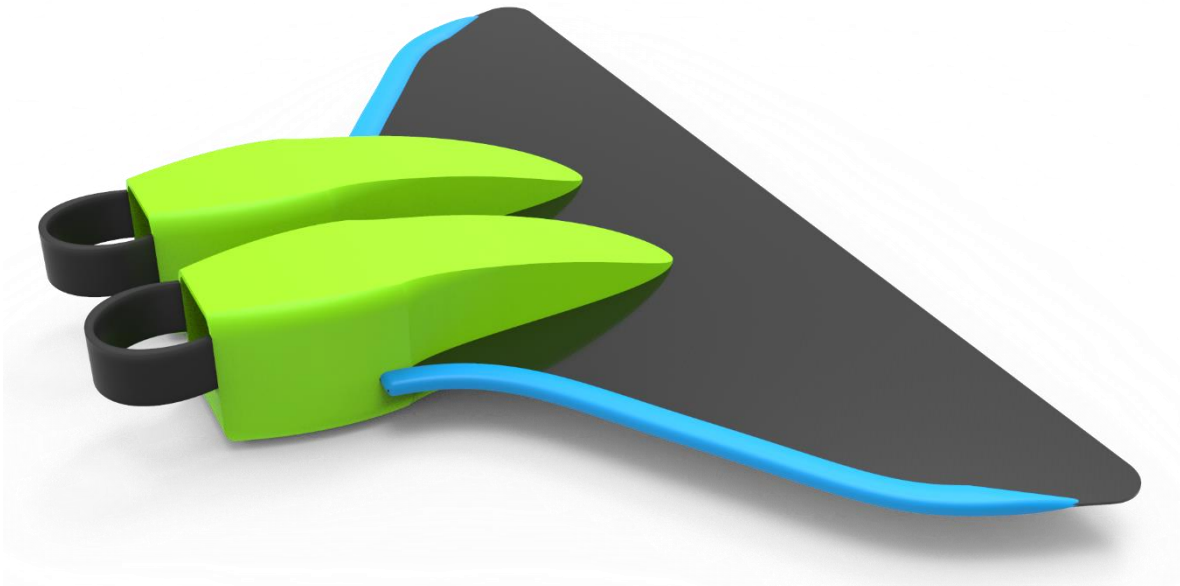


Figura 0.8 Renders de producto final 3



La figura anterior muestra el renderizado de la propuesta final de la aleta en una isometría lateral derecha del producto en la fusión de la cola de estas 2 especies, pez vela y pez espada.

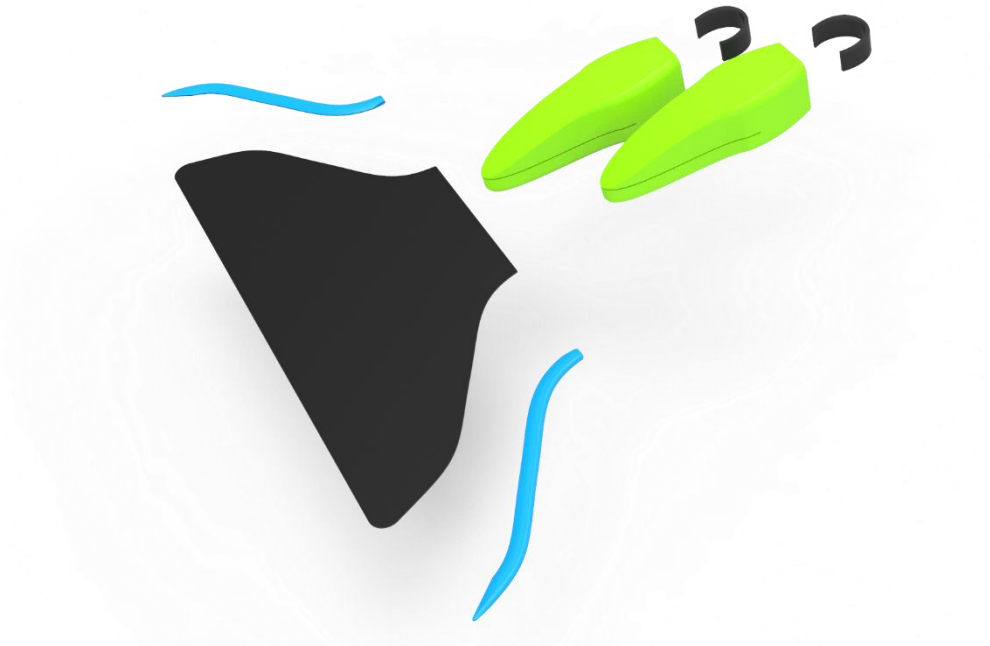


Figura 0.9 Render en despiece de propuesta final

La figura anterior muestra el renderizado de la propuesta final de la aleta en una isometría lateral izquierda del despiece del producto producto en la fusión de la cola de estas 2 especies, pez vela y pez espada, las partes renderizadas en este despiece o explosión del objeto son las mismas partes encontradas en la planimetría del proyecto.

Modelo a escala





Figura 0.10 Modelo a escala de la propuesta final 1





Figura 0.11 Modelo a escala de la propuesta final 2





Figura 0.12 Modelo a escala de la propuesta final 3





Figura 0.13 Modelo a escala de la propuesta final 4

El modelo fue impreso en una impresora 3D de referencia Ender 3 pro con drivers tmc 2208 el proceso se generó exportando el modelo 3D a un formato universal (STEP) donde posteriormente se añadió a la impresora para llegar al resultado ya visto.

Proyección de costos de producto, materiales y proceso de fabricación recomendado

De acuerdo con la investigación y proyectos antes realizados en los que este proyecto de investigación se apoyó coinciden en unos materiales y unos procesos de fabricación más apropiados para este tipo de producto a realizar (una mono aleta de natación). Respecto al material de acuerdo con el trabajo de grado Diseño y desarrollo de unas aletas de natación del autor Jorge Morato Manzano se recomienda la silicona por sus propiedades duraderas frente al agua tanto dulce como salada y los ácidos y bases tanto débiles como fuertes. Dicha información coincide con el proyecto Diseño de un complemento deportivo versátil destinado al entrenamiento de natación en piscinas del Autor: Jesús Martín Díez de Oñate en el cual encontramos que se decide optar por elastómeros de silicona ya que este es el



material más recurrente en la fabricación de aletas de natación según se ha investigado en los estudios de demanda. Dicho material es compatible con el modelo por inyección. Proceso recomendado ya que el coste unitario es menor a comparación de otros procesos como el de fundición de resina que es la única opción compatible diferente a la de inyección debido a la compatibilidad con el material. (Oñate, Diseño de un complemento deportivo, 2020). Ahora bien de acuerdo con el proyecto “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ALETA PECTORAL BIOINSPIRADA CON TRES GRADOS DE LIBERTAD UTILIZANDO ACTUADORES NO CONVENCIONALES PARA EL CONTROL DE ORIENTACIÓN DE UN ROBOT PEZ Pseudorinelepis genibarbisbio” del autor DIEGO RAMIRO ÑACATO ESTRELLA el material de ensamble por excelencia sería un sellador de siliconas anti hongos, es un sellador de curado acético el cual forma una película de sellado en un tiempo estimado de 10 minutos vulcanizándose a temperatura ambiente con la humedad atmosférica

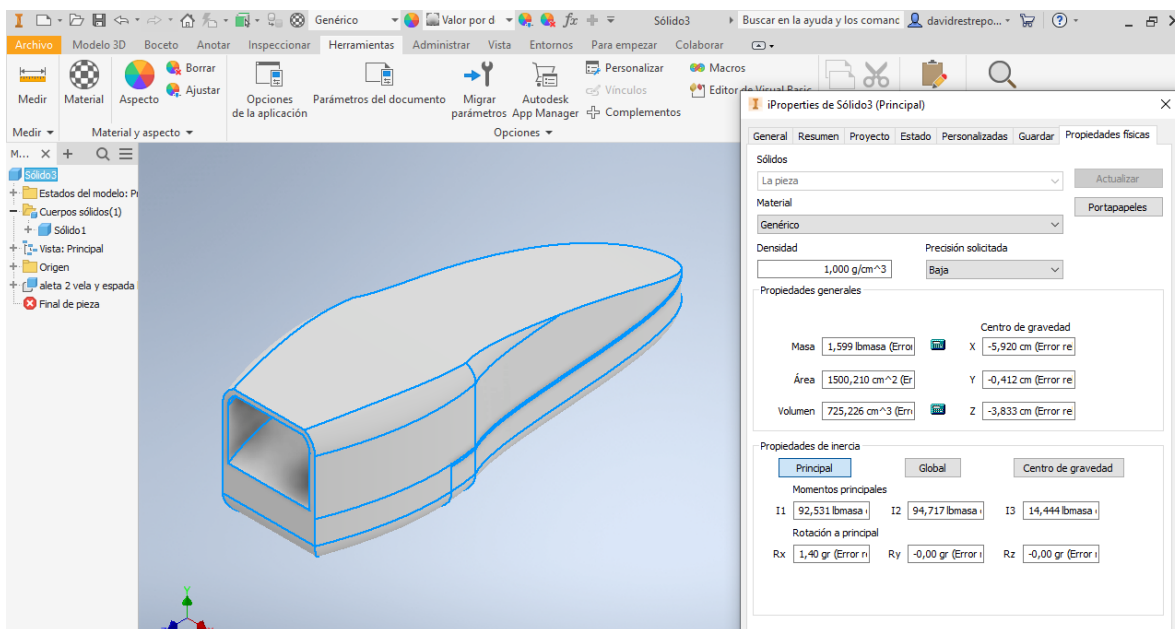


Figura 0.14 Volumen de la paleta o calza de la mono aleta

En la imagen anterior se muestra la forma en la que se sacaron los volúmenes de cada pieza de la aleta con la ayuda de la herramienta propiedades físicas del programa de modelado inventor profesional. Teniendo en cuenta lo antes mencionado y ejecutando esta misma técnica para todas las partes de la aleta nos encontramos con los siguientes volúmenes.

La paleta o calza tiene un volumen de $226,340 \text{ cm}^3$, la calza $725,226 \text{ cm}^3$ y son 2 lo que equivale a 1450.452 cm^3 , la correa tiene $20,640 \text{ cm}^3$ y también son 2 lo que equivale a 41.28 cm^3 y por último los perfiles que también son 2 cada uno con $36,229 \text{ cm}^3$ lo que suma un total de 72.458 cm^3 .

Entre las partes mencionadas las que están hechas en silicona VMQ son la calza, la correa y los perfiles lo que en cm^3 de silicona VMQ sería la sumatoria de estas $1450.452 \text{ cm}^3 + 41.28 \text{ cm}^3 + 72.458 \text{ cm}^3 = 1564.224 \text{ cm}^3$ en total de silicona VMQ y $226,340 \text{ cm}^3$ de fibra de vidrio para la pala de la aleta.

El cálculo se hace con silicona VMQ teniendo en cuenta las bases que se tienen respecto a las investigaciones ya antes hechas y en las que se fundamentó este proyecto para sus bases como elección de materiales ya que según el proyecto Diseño y desarrollo de unas aletas de natación del autor Jorge Manzano la silicona VMQ cumple y e incluso mejora las características necesarias para una aleta



Silicone (VMQ, heat cured, low hardness, 5-15% fumed silica)			
Datasheet view: All attributes Show/Hide			
Polymers: plastics, elastomers > Elastomers > Thermoset elastomers (rubber) > SI, VMQ, PVMQ, FVMQ (Silicone elastomer) >			
General information			
Designation ⓘ			
Silicone elastomer / Polydimethylsiloxane / Vinyl methyl silicone (VMQ / SI) : heat cured, low hardness			
Tradenames ⓘ			
Momentive LSR, ShinEtso LIMS			
Typical uses ⓘ			
Medical: seals, syringe plungers, breast nipple protectors, catheters, sterilization mats, O-Rings for dialysers, baby bottle parts.			
Composition overview			
Compositional summary ⓘ			
Polymer of dimethyl silicone, formula $-(\text{OSi}(\text{CH}_3)_2)-$, with some methyl groups substituted by vinyl groups as cure sites (crosslinking sites), formula $-(\text{OSiCH}_3\text{CH}=\text{CH}_2)-$. Typically compounded with 5-15% fumed silica (SiO_2) with 100-325 m ² /g surface area. Contains organic peroxide or platinum (addition) heat cure system for LIM (liquid injection molding) or HTV (high temperature vulcanization).			
Material family	ⓘ	Elastomer (thermoset, rubber)	
Base material	ⓘ	SI-VMQ(hc) (Silicone rubber, vinyl methyl type, heat cured)	
% filler (by weight)	ⓘ	5	- 15 %
Filler/reinforcement	ⓘ	Mineral	
Filler/reinforcement form	ⓘ	Particulate	
Polymer code	ⓘ	SI-VMQ-MD10	
Composition detail (polymers and natural materials)			
Polymer	ⓘ	85	- 95 %
Silica (fumed)	ⓘ	5	- 15 %
Price			
Price	ⓘ	* 4,1	- 5,68 EUR/kg
Price per unit volume	ⓘ	* 4,29e3	- 6,1e3 EUR/m ³
Physical properties			
Density	ⓘ	1,05e3	- 1,07e3 kg/m ³

Figura 0.15 Ficha técnica de la silicona vmq

(Manzano J. M., 2019)

La imagen anterior nos muestra parte de la ficha técnica de la silicona VMQ encontrada en el proyecto diseño y desarrollo de unas aletas de natación, en la imagen podemos ver la densidad de la silicona lo cual nos sirve para efectuar los costos de materia prima comparando los precios existentes en el mercado nacional y haciendo el cálculo del costo de la cantidad a usar de acuerdo a los volúmenes totales ya obtenidos anteriormente desde los modelos 3D en el programa de diseño inventor profesional.

De acuerdo con la ficha técnica la densidad de la resina VMQ es igual a 1050 kg/m^3 o $0,00105 \text{ kg/cm}^3$ y la densidad fibra de vidrio comúnmente se encuentra en $1,5 \text{ g/cm}^3$ lo que en kg sería un equivalente de $0,0015 \text{ kg/cm}^3$. Ahora bien investigando los precios de los productos necesarios para producir la mono aleta diseñada durante todo el proyecto nos encontramos con que la silicona VMQ tiene un precio de 6000000 millones de pesos colombianos por cada 2000 kg del producto según precios de Alibaba lo que por medio de una regla de tres básica arroja un resultado de 3000 pesos colombianos por kilogramo la resina de la unidad de fibra de vidrio con resina poliéster en presentación de 500 gramos tiene un costo de 37900 pesos colombianos según precios de Alibaba y el sellador de curado acético un precio de 28200 pesos también según los precios de Alibaba

The screenshot shows the Alibaba.com product page for 'Fluido de silicona vinílica VMQ para agente espesante de recubrimientos de resina orgánica y uniones adhesivas epoxi'. The product is sold by Hubei Star Chem Co., Ltd. The price is listed as \$3.00 - \$5.00 per kilogram, with a total price of \$6,000.00 for 2000 kilograms. The page includes a 'Contactar al proveedor' button and a 'Llámanos' button. The seller's information shows a 100% on-time delivery rate and a response time of ≤15h.

Figura 0.16 Precio del producto de la silicona vmq

Precio de producto de silicona VMQ de Alibaba

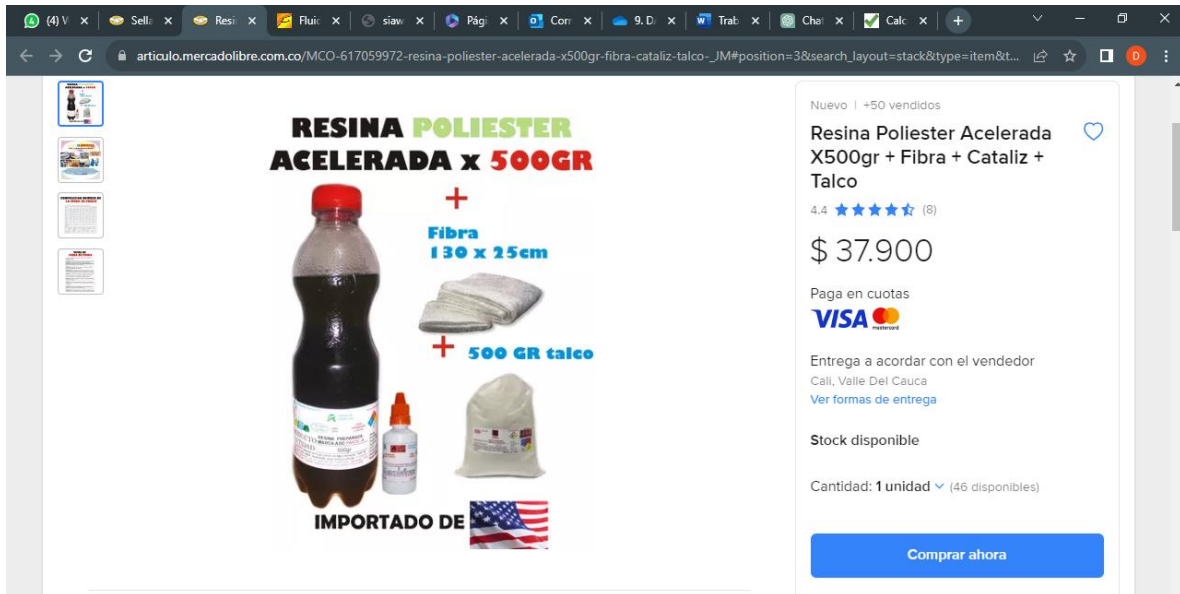


Figura 0.17 Precio de producto resina poliester

Precio de producto de resina poliéster y fibra de vidrio de Alibaba

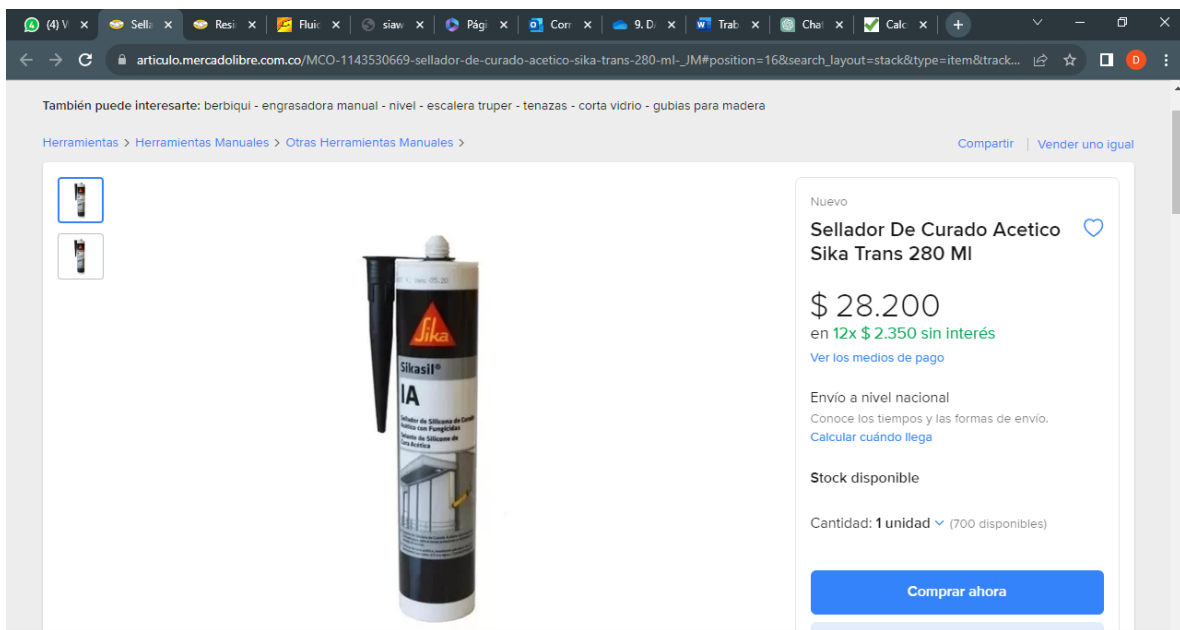


Figura 0.18 Precio de sellador curado acético

Precio de producto de sellador de curado acético de Alibaba

Teniendo en cuenta los datos de precio antes mencionados se decide realizar una formula básica que permita evaluar la cantidad de material a usar en cada una de las piezas de la aleta de acuerdo con su volumen.



$$\text{Masa} = \text{Volumen} \times \text{Densidad}$$

El volumen es 1450.452 cm^3 y la densidad de la resina VMQ es 1.050 kg/m^3 .

Primero, se puede convertir el volumen a metros cúbicos ($1 \text{ cm}^3 = 0.000001 \text{ m}^3$):

$$V = 1450.452 \text{ cm}^3 \times 0.000001 \text{ m}^3/\text{cm}^3$$

$$V \approx 0.001450452 \text{ m}^3$$

Luego, se puede calcular la masa utilizando la fórmula:


$$\text{Masa} = V \times \text{Densidad}$$

$$\text{Masa} = 0.001450452 \text{ m}^3 \times 1.050 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masa} \approx 0.00152397526 \text{ kg}$$

Por lo tanto, se necesitarían aproximadamente 0.00152 kg o 1.52 gramos de resina VMQ para llenar completamente 1450.452 cm^3 .

La siguiente fórmula nos ayuda a calcular la cantidad de kg necesarios para llenar completamente las dos calzas con resina VMQ de esta misma forma se hace el cálculo con cada una de las partes para llegar a los siguientes datos.



Parte o producto	Material	Volumen para llenar por unidad	Cantidad	Volumen total	Material para usar para llenar el volumen de las piezas	Costo en pesos colombianos
Calza	Silicona VMQ	725,226cm ³	2	1450,452cm ³	0,00152 kg	4,56
Correa	Silicona VMQ	20,640cm ³	2	41.28cm ³	0,000043344 kg	0,130032
Perfiles	Silicona VMQ	36,229cm ³	2	72,458cm ³	0,0000760819 kg	0,2282457
Pala	Fibra de vidrio con resina poliéster	226,340cm ³	1	226,340cm ³	0,33951 kg	25730.878
Sellador	Sellador de cuadro acético para pegar las partes	No aplica	1	No aplica	1 unidad	28200
						Total:53935.79628

Ahora bien, según el estudio de costos del proyecto diseño y desarrollo de unas aletas de natación “una máquina de inyección de plásticos de segunda mano tiene un precio promedio de 39550 euros lo que sería un equivalente de 175605405,73 pesos colombianos”.

Tabla 67: Coste anual de la mano de obra necesaria para la producción. [13]

Coste de mano de obra anual			
Puesto	Cantidad	Salario (€)	Coste total (€)
Supervisor	1	27823,7	27823,7
Operario de máquina con formación	2	18772,92	37545,84
Operario auxiliar	2	17316,39	34632,78
Oficial especializado	2	15358,84	30717,68
Sumatorio			130720

Figura 0.19 Precio anual de mano de obra de la mono aleta

(Oñate, Diseño de un complemento deportivo, 2020)

La imagen anterior nos muestra el precio anual de la mano de obra para la creación de este producto lo que a diario en pesos colombianos significa un precio de 1612244.602 millones de pesos colombianos.

Si tenemos en cuenta estos datos la inversión inicial en maquinaria sería de 175605405,73 pesos colombianos pero la producción diaria de la mono aleta estaría en un precio promedio que sale de la sumatoria de 1612244.602 de pago diario a trabajadores + 53935.79628 =1666180.398 pesos colombianos.

DIVULGACIÓN

03



CAPÍTULO 2. DIVULGACIÓN

Anexo infográfico(s)

[C:\Users\David Alejandro\Desktop\infografico mono aleta \(1\).pdf](C:\Users\David Alejandro\Desktop\infografico mono aleta (1).pdf)

Anexo presentación para sustentación pública.


<C:\Users\David Alejandro\Desktop\Sumérgete.pdf>



CONCLUSIONES

- Este estudio de simulación proporciona una perspectiva valiosa sobre la eficacia de dos tipos de aletas en el entorno simulado de una piscina. La superioridad demostrada de la Aleta A sugiere que su uso puede ser beneficioso para los nadadores en términos de desplazamiento y eficiencia. Este trabajo contribuye al creciente cuerpo de conocimientos en el diseño de equipos de natación y ofrece una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en este campo.
- Las conclusiones se infieren de todo el proceso que se siguió a lo largo de la investigación desde que se planeó hasta cuando se ejecutó y, especialmente, de los resultados con los cuales culminó. Su propósito es destacar los logros, dificultades y descubrimientos finalmente obtenidos.
- Las recomendaciones son consecuencias prácticas que se infieren y que se pueden traducir en acciones de mejoramiento para las personas, incluido el investigador, para las instituciones y aún para la población estudiada o participante, según el caso.
- Se sugiere continuar investigando y generando más opciones de modelado con más especies, este tema de estudio permite indagar mucho más debido a la cantidad de información que podemos evaluar, modelar y ejecutar como producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Cadavid, V. M. (2021). *DISEÑO DE PRÓTESIS DE NATACIÓN PARA AMPUTADOS TRANSTIBIALES*. Medellín Antioquia: Universidad de Antioquia.
- Contreras, C. (05 April 2020.). *Suplementos nutricionales para el deportista. Ayudas ergogénicas en el deporte - 2019. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte*. España: Universidad Católica San Antonio de Murcia.
- Díaz Montes Julio César, R. D. (25 al 27 DE SEPTIEMBRE, 2013). *DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PALETA DE NATACIÓN PARA AMPUTADO*. PACHUCA, HIDALGO, MÉXICO: MEMORIAS DEL XIX CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM.
- ESTRELLA, D. R. (Diciembre 2019). *IMPLEMENTACIÓN DE UNA ALETA PECTORAL BIOINSPIRADA CON TRES GRADOS DE LIBERTAD UTILIZANDO*. Riobamba - Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Flores, A. R. (Enero 2021). *DISEÑO DE UNA PLANTILLA ERGONÓMICA QUE REGULE LA PRESIÓN PLANTAR EN JÓVENES PRACTICANTES DE BALONCESTO FEMENIL: ANÁLISIS BIOMECÁNICO Y DE ELEMENTO FINITO*. León, Guanajuato, México,: Ciatec.
- Jairo Estrada, J. A. (1998). *Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana 1995 (acopla95)*. Medellín, Colombia: Rev. Fac. Nac. Salud Pública 1998; 15(2): 112-139.
- Julius Panero, M. Z. (1984). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. México, Naucalpan: Ediciones G. Gili, S.A. de C.V.
- Liusván Eduarte Águila, Y. S. (Diciembre 2019). *FACTORES CIENTÍFICOS-TECNOLÓGICOS EN EL PROCESO FORMATIVO EN LA INICIACIÓN*. Cuba: Revista pedagógica de la Universidad de Cienfuegos.
- Liusván Eduarte Águila, Y. S. (Diciembre 2019). *FACTORES CIENTÍFICOS-TECNOLÓGICOS EN EL PROCESO FORMATIVO EN LA INICIACIÓN*. Cuba: Revista pedagógica de la Universidad de Cienfuegos.
- 

BIBLIOGRAFÍA

- M., J. A. (1998). *Parámetros antropométricos de la población*. Antioquia, Medellín, Colombia: Rev. Fac. Nac. Salud Pública 1998; 15(2): 112-139.
- Manzano, J. M. (Septiembre del 2019). *Diseño y desarrollo de unas aletas de natación*. Madrid España: Universidad Politecnica de Madrid, escuela tecnica superior ingenieria y diseño industrial.
- Mínguez, .: A. (17/05/2019). *TITULO DE PATENTE DE INVENCION*. España: Ministerio de de energia y turismo digital, Oficina española de patentes y marcas.
- Muñoz, A. C. (Agosto 2020). *Creación de una línea de comercialización*. AMBATO – ECUADOR: FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS.
- Natella, A. L. (2019). *Diseño de Indumentaria y Textil*. Argentina: Universidad Empresarial Siglo XXI.
- Oñate, J. M. (Junio 2020). *Diseño de un complemento deportivo versátil destinado al entrenamiento de natación en piscinas*. Madrid: Univercidad politecnica de Madrid, Escuela tecnica superior de ingenieria y diseño industrial.
- Rodríguez, M. C. (2021). *Características hidrodinámicas del marrajo dientuso (Isurus oxyrinchus) para dos morfologías de aletas caudales*. Costa de Carolina: Universidad de la Costa de Carolina.
- Sagong W, J. W. (2013). *Características hidrodinámicas del pez vela (Istiophorusornitorrinco) y pez espada (Xiphias gladius) en posturas de deslizamiento a sus velocidades de crucero*. Suiza: PLOS UNO.
- Toledo, A. L. (Agosto del 2021). *Biodiseño para el desarrollo: una aproximación biomimética a las estrategias del Caribe colombiano*. Colombia: Universidad de los Andes Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias Biológicas.
- Wilmer Smith Pérez Guerrero, P. e. (2021). *Modelos de entrenaMiento para natación con aletas 50 Metros superficie: una revisión*. Bogota: Areandina: Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte.
- Ashby, M. (2007). *Materials*. New York: firsti ediction.

BIBLIOGRAFÍA

- Cadavid, V. M. (2021). *DISEÑO DE PRÓTESIS DE NATACIÓN PARA AMPUTADOS TRANSTIBIALES*. Medellín Antioquia: Universidad de Antioquia.
- CMAS. (2022). *List 2022 of approved Monofins Companies – V3*. New York: Finswimming Rules.
- Contreras, C. (05 April 2020.). *Suplementos nutricionales para el deportista. Ayudas ergogénicas en el deporte - 2019. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte*. España: Universidad Católica San Antonio de Murcia.
- Díaz Montes Julio César, R. D. (25 al 27 DE SEPTIEMBRE, 2013). *DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PALETA DE NATACIÓN PARA AMPUTADO*. PACHUCA, HIDALGO, MÉXICO: MEMORIAS DEL XIX CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM.
- ESTRELLA, D. R. (Diciembre 2019). *“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ALETA PECTORAL BIOINSPIRADA CON TRES GRADOS DE LIBERTAD UTILIZANDO*. Riobamba - Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Flores, A. R. (Enero 2021). *DISEÑO DE UNA PLANTILLA ERGONÓMICA QUE REGULE LA PRESIÓN PLANTAR EN JÓVENES PRACTICANTES DE BALONCESTO FEMENIL: ANÁLISIS BIOMECÁNICO Y DE ELEMENTO FINITO*. León, Guanajuato, México,: Ciatec.
- Group, V. (2023). *Nautic Expo* . España: Virtualexpo Group.
- Jairo Estrada, J. A. (1998). *Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana 1995 (acopla95)*. Medellín, Colombia: Rev. Fac. Nac. Salud Pública 1998; 15(2): 112-139.
- Julius Panero, M. Z. (1984). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. México, Naucalpan: Ediciones G. Gili, S.A. de C.V.
- Liusván Eduarte Águila, Y. S. (Diciembre 2019). *FACTORES CIENTÍFICOS-TECNOLÓGICOS EN EL PROCESO FORMATIVO EN LA INICIACIÓN*. Cuba: Revista pedagógica de la Universidad de Cienfuegos.

BIBLIOGRAFÍA

- Liusván Eduarte Águila, Y. S. (Diciembre 2019). *FACTORES CIENTÍFICOS-TECNOLÓGICOS EN EL PROCESO FORMATIVO EN LA INICIACIÓN*. Cuba: Revista pedagógica de la Universidad de Cienfuegos.
- M., J. A. (1998). *Parámetros antropométricos de la población*. Antioquia, Medellín, Colombia: Rev. Fac. Nac. Salud Pública 1998; 15(2): 112-139.
- Manzano, J. M. (Septiembre del 2019). *Diseño y desarrollo de unas aletas de natación*. Madrid España: Universidad Politecnica de Madrid, escuela tecnica superior ingenieria y diseño industrial.
- Mínguez, A. (17/05/2019). *TITULO DE PATENTE DE INVENCION*. España: Ministerio de de energia y turismo digital, Oficina española de patentes y marcas.
- Mínguez, A. M. (17 de 05 de 2019). *Ministerio de energia, turismo y agenda digital*. Obtenido de OFICINA ESPAÑOLA DE:
<https://oa.upm.es/66558/1/ES2691569B2.pdf>
- Muñoz, A. C. (Agosto 2020). *Creación de una línea de comercialización*. AMBATO – ECUADOR: FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS.
- Natella, A. L. (2019). *Diseño de Indumentaria y Textil*. Argentina: Universidad Empresarial Siglo XXI.
- Oñate, J. M. (Junio 2020). *Diseño de un complemento deportivo versátil destinado al entrenamiento de natación en piscinas*. Madrid: Universidad politecnica de Madrid, Escuela tecnica superior de ingenieria y diseño industrial.
- Rodríguez, M. C. (2021). *Características hidrodinámicas del marrajo dientuso (Isurus . costa carolina*: Universidad de la Costa de Carolina.
- Rodríguez, M. C. (2021). *Características hidrodinámicas del marrajo dientuso (Isurus oxyrinchus) para dos morfologías de aletas caudales*. Costa de Carolina: Universidad de la Costa de Carolina.

BIBLIOGRAFÍA

- Sagong W, J. W. (2013). *Características hidrodinámicas del pez vela (Istiophorusornitorrinco) y pez espada (Xiphias gladius) en posturas de deslizamiento a sus velocidades de crucero*. Suiza: PLOS UNO.
- Toledo, A. L. (Agosto del 2021). *Biodiseño para el desarrollo: una aproximación biomimética a las estrategias del Caribe colombiano*. Colombia: Universidad de los Andes Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias Biológicas.
- Wilmer Smith Pérez Guerrero, P. e. (2021). *Modelos de entrenaMiento para natación con aletas 50 Metros superficie: una revisión*. Bogota: Areandina: Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte.
- Woong Sagong, W.-P. J. (2013). *Características hidrodinámicas del pez vela (Istiophorus .* Corea: Christof Markus Aegerter, Universidad de Zúrich, Suiza.



ANEXOS



Figura 0.1 toma de medidas aletas certificadas por cmas

Figura 0.2





Imágenes del proceso de medidas de una aleta certificada de la CMAS para poder compararla con el modelo del proyecto.



Figura 0.3 monoala certificada por cmas



Mono aleta certificada por la CMAS.

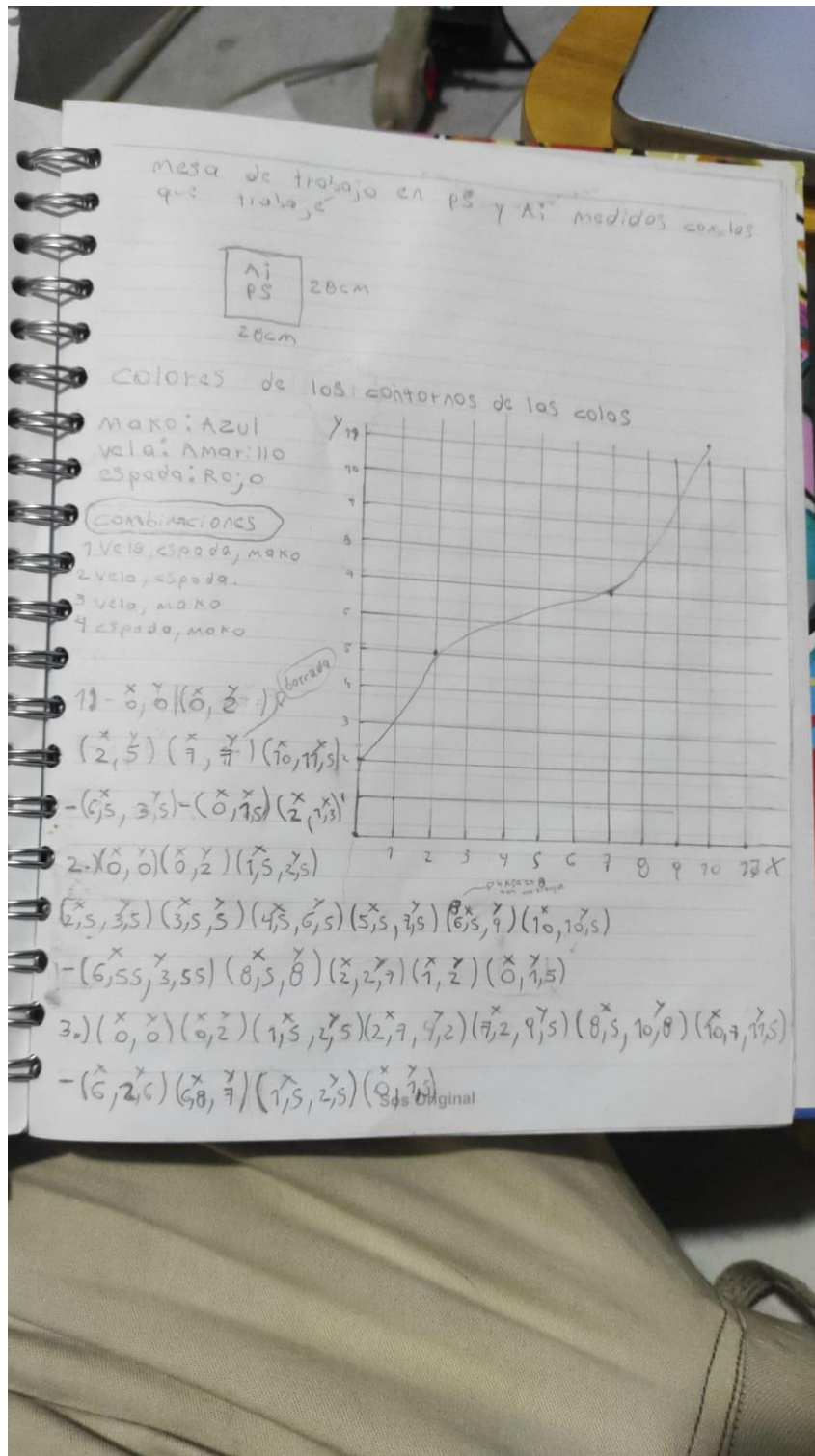


Figura 0.4 Apuntes de coordenadas en el plano cartesiano



Apuntes iniciales de coordenadas del perímetro de aletas de las 3 especies.

