

Creación prototipo salvavidas a motor

Trabajo de Final de Grado



Facultad de Náutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:

Francisco Javier Medina Bolivar

Dirigido por:

Inmaculada Ortigosa Barragan

Grado en Ingeniería en Sistemas y Tecnología Naval

Barcelona, 16 de junio de 2022

Departamento de Ciencias e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona





Resumen

Querido lector,

En este trabajo pretendo diseñar una tabla de paddle surf y motorizarla para poder llevar a cabo rescates marítimos más efectivos.

La intención de realizar este proyecto ha sido la de aplicar los conocimientos aprendidos durante toda la carrera, tocando temas de un amplio abanico.

La primera parte del trabajo la he nombrado prediseño. En ella trato diferentes aspectos como alcance de proyecto, corrosión, componentes...

Esta parte está enfocada como bien dice el nombre a las actividades previas al diseño, es decir aportar conocimiento y estudio previo para después poder diseñar y elegir los componentes adecuados.

Una vez tenemos la base para lanzar el proyecto pasamos al siguiente apartado.

El capítulo dos tiene el nombre de diseño, en este apartado comienzo diseñando la tabla. Pero aquí encuentro el primer gran problema, el programa utilizado para diseñar la tabla me genera todas las especificaciones técnicas, pero no me permite la exportación a Max Surf. Por tanto, he tenido que ingeniar una solución para poder seguir con el proyecto.

Al final he conseguido salir adelante y proseguir con el Max Surf Modeler y el Max Surf Resistance con el objetivo de averiguar la resistencia al avance de la tabla.

Una vez obtenida he seleccionado el conjunto de componentes que mejor se adecúa al uso de nuestra tabla.

Con los componentes seleccionados había que pensar cómo instalarlos todos de una manera óptima.

Por último y no menos importante el tercer capítulo, en este capítulo he intentado de plasmar los conocimientos aprendidos en la asignatura de empresa y gestión de proyectos. Podríamos decir que es el apartado más económico del proyecto calculando costos.



Abstract

Dear reader,

In this work I intend to design a paddle surfboard and motorize it to be able to carry out more effective maritime rescues.

The intention of carrying out this project has been to apply the knowledge learned throughout the university, touching on topics from a wide range.

The first part of the work I have named pre-design. In it I deal with different aspects such as project scope, corrosion, components ...

This part is focused as the name says to the activities prior to the design, that is, to provide knowledge and previous study to later be able to design and choose the appropriate components.

Once we have the basis to launch the project we move on to the next section.

Chapter two has the name of design; in this section I start designing the table. But here I find the first big problem, the program used to design the board generates all the technical specifications but does not allow me to export to Max Surf.

Therefore, I had to devise a solution to be able to continue with the project. In the end I managed to get ahead and continue with the Max Surf Modeller and the Max Surf Resistance with the aim of finding out the resistance to the advance of the board.

Once obtained I have selected the set of components that best suits the use of our table.

With the selected components it was necessary to think about how to install them all in an optimal way.

Last but not least the third chapter, in this chapter I have tried to capture the knowledge learned in the subject of business and project management. We could say that it is the most economical section of the project calculating costs.



Motivación

En este proyecto en el cual me he embarcado me gustaría explicar cuál ha sido mi motivación principal.

Todo esto se remonta unos años atrás cuando cursaba bachillerato en el instituto IES Sabadell, allí fue donde realicé el trabajo conocido como TDR sobre un avión teledirigido, hice los planos con papel y lápiz. Compré los componentes necesarios con los pocos ahorros que podía tener un chico de 17 años y me puse manos a la obra.

Me encontraba en un momento muy duro puesto que tras muchos años estudiando por obligación, nada me apasionaba. Sin embargo, cuando me puse manos a la obra para realizar este trabajo sentí una gran motivación que me impulsó al éxito.

Me sirvió para darme cuenta de lo verdaderamente interesante que es estudiar aquello que te gusta, desde aquel momento algo cambió dentro de mí y supe en ese preciso instante que quería estudiar un grado universitario.

Finalmente, el trabajo superó las expectativas tanto del resto como las mías propias, partiendo de cero y aprendiendo todo lo necesario para crear y hacer volar un avión.

Lo conseguí, hice volar el avión durante unos cuantos minutos hasta que realicé Lo aterricé un poco accidentalmente (por mi falta de experiencia como piloto de RC).

En este trabajo me gustaría volver a vivir y sentir lo mismo que en aquel momento, sentir que el esfuerzo de muchos años de aprendizaje ha valido la pena y realizar un proyecto de radio control pero en versión mejorada y a la altura de un grado universitario.

Quisiera embarcarme en una tabla de rescate motorizada, los componentes son parecidos a los usados en el avión, pero las dificultades son mucho mayores.

Dejando de lado ésta pequeña reflexión me gustaría agradecer a todo el mundo que en algún momento me ha ayudado para poder llegar hasta donde estoy hoy, a todo el mundo que me tendió la mano para seguir avanzando. Sobre todo, a mis padres y hermano que nunca perdieron la fe en mí.

Espero enamorarte y que te guste el apasionante mundo que he descubierto durante este tiempo.

Muchas gracias.



Tabla de Contenidos

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
MOTIVACIÓN	5
TABLA DE CONTENIDOS.....	6
LISTADO DE ILUSTRACIONES.....	8
LISTADO DE ECUACIONES.....	11
<u>1. PREDISEÑO</u>	12
1.1. ALCANCE DE PROYECTO (SCOPE).....	12
1.2. ¿A QUE DOY SOLUCIÓN?.....	12
1.3. ¿CÓMO REALIZAMOS UN RESCATE?	12
1.4. PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO (DIAGRAMA DE GANTT).....	14
1.5. ASPECTOS A TENER EN CUENTA.....	15
1.5.1. ESTANQUEIDAD.....	15
1.5.2. FLOTABILIDAD.....	16
1.5.3. CORROSIÓN.....	16
1.6. COMPONENTES	18
1.6.1. TABLA.....	18
1.6.2. MOTOR SIN ESCOBILLAS.....	18
MOTOR BRUSHLESS.....	19
1.6.3. BATERÍA.....	21
1.6.3.1. CELDAS	22
1.6.3.2. AUTONOMÍA.....	23
1.6.3.3. CARGA DE LA BATERÍA.....	24
1.6.3.4. DESCOMPENSACIÓN VOLTAJE DE LAS CELDAS DE LA BATERÍA.....	26
1.6.3.5. DESCARGA DE LA BATERÍA.....	27
1.6.4. VARIADOR DE VELOCIDAD (ESC)	29
1.6.5. RECEPTOR Y EMISORA.....	31
1.6.6. BOMBA REFRIGERADORA.....	32
1.6.7. WATER JET.....	33
1.6.7.1. CONEXIÓN HÉLICE MOTOR	34
<u>2. DISEÑO</u>	36
2.1. ASPECTO TÉCNICO.	36
2.1.1. BOARDCAD.....	36



2.1.2.	MAX SURF (MODELER).....	39
2.1.3.	MAX SURF (RESISTANCE).....	44
2.2.	VALORACIÓN DE RESULTADOS	48
2.3.	ELECCIÓN DE COMPONENTES.....	48
2.3.1.	MOTOR.....	48
2.3.2.	VARIADOR DE VELOCIDAD (ESC).....	52
2.3.3.	BATERÍA	54
2.3.4.	RECEPTOR Y EMISORA.	56
2.3.5.	WATER JET.....	58
2.4.	ACOPLE DE COMPONENTES.....	61
2.4.1.	ACOPLE EJE HÉLICE – MOTOR	61
2.4.2.	COMPONENTES Y TABLA	62
2.5.	SISTEMAS	63
2.5.1.	SISTEMA ELÉCTRICO	63
2.5.2.	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	64
2.5.3.	SISTEMA DE RESCATE	65
3.	<u>POST DISEÑO.....</u>	66
2.6.	COSTE UNITARIO.....	66
2.7.	PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO	66
4.	<u>CONCLUSIONES.....</u>	68
	BIBLIOGRAFÍA	69



Listado de Ilustraciones

Ilustración 1 Rescate marítimo con tabla inflable	13
Ilustración 2 Tareas Gantt	14
Ilustración 3 Fecha inicio y fin del proyecto	14
Ilustración 4 Diagrama de Gantt.....	15
Ilustración 5 Principio de Arquímedes.....	16
Ilustración 6 Esquema oxidación del Fe	17
Ilustración 7 Corrosión en el ancla de un buque	17
Ilustración 8 Tabla safe master 11'	18
Ilustración 9 Motor brushless	20
Ilustración 10 Rotor y estator de un motor brushless	21
Ilustración 11 Esquema del voltaje en función del número de celdas	23
Ilustración 12 Esquema de carga de la batería.....	25
Ilustración 13 Esquema eléctrico de una batería 3s	25
Ilustración 14 Cargador Imax B6	26
Ilustración 15 Batería descompensada.....	27
Ilustración 16 Curva de descarga de una batería	29
Ilustración 17 Variador de velocidad (ESC).....	30
Ilustración 18 Emisor	32
Ilustración 19 Receptor	32
Ilustración 20 Motor brushless refrigerador por agua.....	33
Ilustración 21 Refrigeración por agua desde la salida de water jet a motor	33
Ilustración 22 Water jet	34
Ilustración 23 Acople de ejes.....	35
Ilustración 24 Planta de la tabla.....	36
Ilustración 25 Perfil de la tabla	37
Ilustración 26 Alzado de la tabla.....	37
Ilustración 27 Especificaciones técnicas de la tabla.....	37
Ilustración 28 Malla del modelado de la Tabla 1	37



Ilustración 29 Malla del modelado de la Tabla 2.....	38
Ilustración 30 Tabla en 3d aplicando textura.....	38
Ilustración 31 Max Surf plano (Planta).....	39
Ilustración 32 Max Surf plano (Alzado).....	40
Ilustración 33 Max Surf plano (Perfil).....	40
Ilustración 34 Max Surf transformación paramétrica (Toda la eslora)	41
Ilustración 35 Max Surf transformación paramétrica (Calado standard)	42
Ilustración 36 Max Surf Punto de referencia.....	43
Ilustración 37 Max Surf Hidrostáticas	44
Ilustración 38 Curva de Áreas.....	45
Ilustración 39 Métodos para calcular la resistencia.....	45
Ilustración 40 Tabla Resistencia y Potencia.....	46
Ilustración 41 Gráfico resistance vs speed.....	47
Ilustración 42 Grafico power vs speed.....	47
Ilustración 43 Simulación olas	47
Ilustración 44 Turnigy aquastar T20 3T 730KV/1280KV Water Cooled Brushless Motor.....	49
Ilustración 45 Conexión en triángulo.....	50
Ilustración 46 Conexión en estrella.....	51
Ilustración 47 Refrigeración motor.....	52
Ilustración 48 YEP 180A HV (4~14S) Marine Brushless Speed Controller	53
Ilustración 49 Turnigy High Capacity 20000mah 6S 12C Lipo Pack w/XT90	55
Ilustración 50 Conexión en serie de baterías	55
Ilustración 51 Maytech IP68 Waterproof Remote MTSKR1905WF Controller for Esk8/ Esurf/ Efoil.....	57
Ilustración 52 Muestreo de la emisora.....	58
Ilustración 53 Water Jet para imprimir en 3d.....	59
Ilustración 54 Propiedades químicas del material de la hélice y eje.....	59
Ilustración 55 Conducto de entrada del agua de refrigeración.....	60
Ilustración 56 Conductor de refrigeración	60



Ilustración 57 Acabado final de la pieza.....	61
Ilustración 58 Pieza de unión de ejes	62
Ilustración 59 Plano con las medidas de la caja en (m).....	63
Ilustración 60 Sistema eléctrico	64
Ilustración 61 Plano refrigeración	65
Ilustración 62 Costes unitarios	66
Ilustración 63 Precio de venta al público	67



Listado de Ecuaciones

Ecuación 1 Volumen de la tabla en m^3	38
Ecuación 2 Carga máxima capaz de soportar la tabla	39
Ecuación 3 Desplazamiento	41
Ecuación 4 RPM Conexión en triangulo.....	50
Ecuación 5 RPM Conexión en estrella.....	51
Ecuación 6 Cálculo del número de celdas requerido	54
Ecuación 7 Corriente de descarga.....	56
Ecuación 8 Autonomía de batería	56



1. Prediseño

En este primer apartado explicaré todos aquellos aspectos importantes para nuestro proyecto, aspectos que pueden afectar negativamente como la corrosión.

También nombraré aquellos componentes que se instalarán en la tabla, permitiendo así su motorización.

1.1. Alcance de proyecto (Scope)

El alcance de proyectos está definido por el diseño de una tabla motorizada para el rescate de personas.

La tabla ha de ser capaz de transportar mínimo a dos personas, tener un coste inferior al de una moto acuática y contar con la potencia suficiente para llevar a cabo rescates exitosos.

1.2. ¿A que doy solución?

Vengo a dar una solución a los rescates tradicionales con tabla inflable y tablas de surf.

La idea de este proyecto es crear un prototipo el cual nos permita rescatar a personas de forma más eficiente poniendo en peligro lo mínimo posible al rescatador y a la persona rescatada.

Por otro lado, propongo una solución más económica que una moto acuática y un poco más cara que una tabla tradicional, por tanto, este sería el nicho de mercado en el cual nos focalizamos.

1.3. ¿Cómo realizamos un rescate?

Cualquier rescate con tabla hinchada se realiza de la siguiente manera:

En primer lugar, el socorrista coge la tabla y se dispone a llegar hasta la persona a socorrer tumbado en la parte superior de la tabla remando con los brazos.

Acto seguido cuando llega a la persona que se está ahogando, en función de su estado, se realiza una maniobra de una manera o de otra diferente.

Si la persona rescatada está consciente, la operación es mucho más sencilla puesto que únicamente habrá que ayudarla a subir a la tabla.

En el caso de que la persona esté inconsciente, deberemos dar un giro de 180° a la tabla. Mediante contrapeso con nuestro cuerpo tiraremos de su pie y brazo para así voltear de nuevo la tabla 180° y así poder subir a la persona a la parte superior de la tabla.

Una vez ambos hayan subido, el socorrista remarà de nuevo con sus brazos hasta la orilla para poder ejercer diferentes maniobras de reanimación.

Lo que propongo con mi trabajo es en primer lugar, acortar el tiempo de recorrido desde la playa hasta la persona que se está ahogando tanto de ida como de vuelta.

Estamos hablando de vidas humanas y cada minuto de rescate cuenta, somos su última esperanza, por eso la velocidad es algo muy importante para tener en cuenta. La velocidad nos permitirá realizar rescates más efectivos y con mayor probabilidad de éxito.

Por otro lado, el socorrista al llegar a la persona que se está ahogando, podrá hacer una maniobra óptima puesto que no estará cansado por tener que remar.



Ilustración 1 Rescate marítimo con tabla inflable

Evidentemente un rescate con una moto acuática sería más efectivo puesto que tiene más motor y por esa razón nos permite ejercer rescates más rápidos. Sin embargo, tiene un hándicap y es su alto precio en comparación con nuestro proyecto, una moto acuática para llevar rescates parte de los 8000 euros aproximadamente.

Aquí está uno de nuestros aspectos claves, conseguimos unos costes que distan mucho de los de una moto acuática y por lo que resulta más competitivo .



1.4. Programación del proyecto (Diagrama de Gantt)

Queda anexo el correspondiente Diagrama de Gantt con las tareas realizadas durante el proyecto con la previsión temporal y la conexión entre las diferentes tareas.

Nombre de la tarea	Fecha de inicio	Duración días	Fecha de finalización
Elección del proyecto	03.01.2022	20	23.01.2022
Tarea 1: Motivación del proyecto	23.01.2022	4	27.01.2022
Tarea 2: Valorar alcance	24.01.2022	7	31.01.2022
Tarea 3: Estudio (Estanqueidad, Flotabilidad, Oxidación)	01.02.2022	15	16.02.2022
Tarea 4: Estudio componentes	15.02.2022	42	29.03.2022
Tarea 5: Estudio eléctrico cálculos	22.03.2022	15	06.04.2022
Tarea 6: Cálculos aproximados de arrastre	05.04.2022	8	13.04.2022
Tarea 7: Cálculos requerimientos proyecto	12.04.2022	40	22.05.2022
Tarea 8: Diseño del plano	13.04.2022	42	25.05.2022
Tarea 9: Valoración de resultados	17.04.2022	10	27.04.2022
Tarea 10: Elección de componentes	20.04.2022	4	24.04.2022
Tarea 11: Acoplar componentes	26.04.2022	6	02.05.2022
Tarea 12: Valorar posibilidad de un test	02.05.2022	5	07.05.2022
Tarea 13: Gestión de ventas	04.05.2022	6	10.05.2022
Tarea 14: Marketing del proyecto	06.05.2022	6	12.05.2022

Ilustración 2 Tareas Gantt

Inicio Proyecto	03/01/2022
Final	12/05/2022

Ilustración 3 Fecha inicio y fin del proyecto

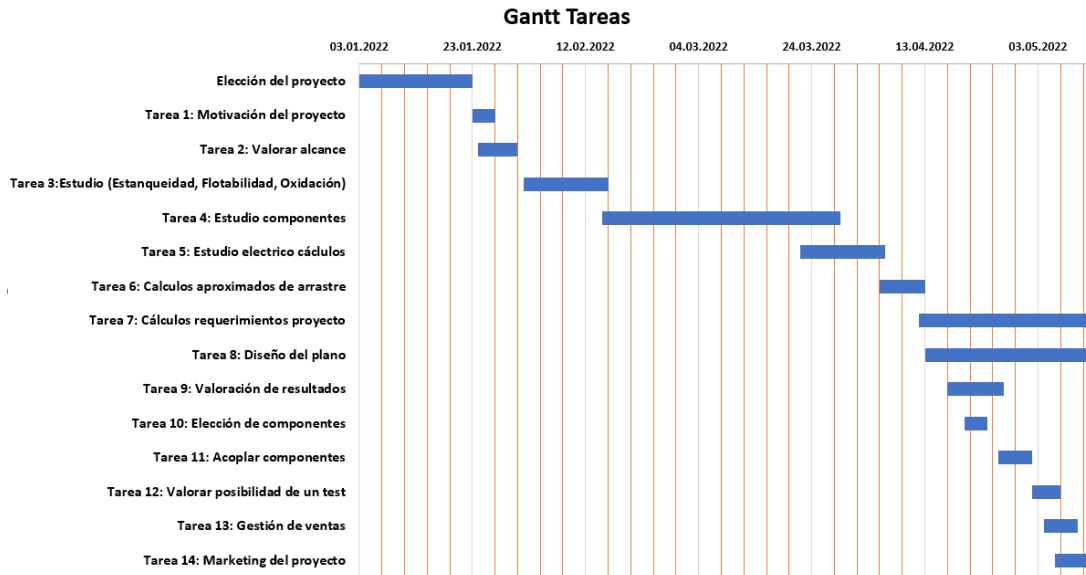


Ilustración 4 Diagrama de Gantt

1.5. Aspectos a tener en cuenta

Dentro de cualquier medio acuático encontramos diferentes problemas, sin embargo, cuando estamos en el mar, aspectos como un mal temporal pueden causar estragos.

En este apartado mostrado a continuación quedan reflejadas diferentes consideraciones, las cuales debemos tener en cuenta a la hora de llevar a cabo todo el proyecto.

1.5.1. Estanqueidad

Conocemos estanqueidad como la capacidad que tiene un objeto para no permitir el paso de partículas desde el exterior al interior.

En nuestro proyecto necesitamos una estanqueidad absoluta en la zona de baterías y motor, esta estanqueidad es muy necesaria puesto que al tener elementos eléctricos puede haber peligro de cortocircuito o electrocutarnos durante el uso de nuestros equipos.



Por tanto, necesitaremos una sala totalmente estanca. Estamos en un ambiente marino y al tener muchos elementos metálicos intentaremos evitar toda la humedad posible para conseguir que los componentes no se corroan ni se dañen.

1.5.2. Flotabilidad

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta es la flotabilidad. La flotabilidad es la capacidad que tiene un cuerpo para sostenerse dentro de un fluido en nuestro caso agua.

Este hecho viene dado por el principio de Arquímedes el cual nos indica que un cuerpo se mantendrá en suspensión en un fluido cuando la fuerza de empuje ejercida por el fluido sea igual al módulo de la fuerza peso del objeto. Si la densidad del fluido es menor que la densidad de nuestro objeto, éste tenderá a hundirse.

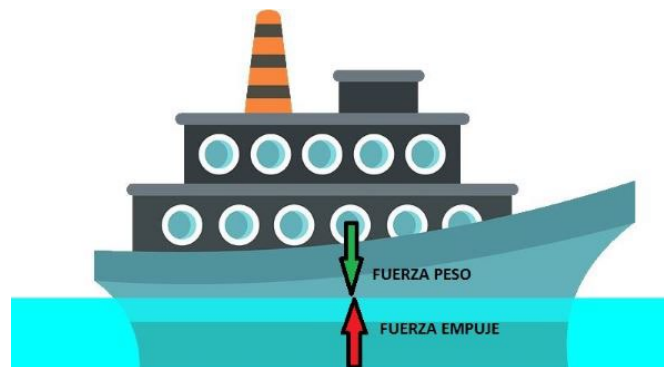


Ilustración 5 Principio de Arquímedes

1.5.3. Corrosión

Se conoce como corrosión el deterioro de un material causado por reacciones electroquímicas en su entorno. Siempre que hay una corrosión, ésta proviene de una oxidación, ambas nacen en materiales metálicos a causa del contacto con el aire y el agua.

La corrosión aparece en todos los elementos que tengan un hierro en su composición, para evitar la corrosión se crean aleaciones con contenidos de Cromo aproximados del 11% en los aceros inoxidable.

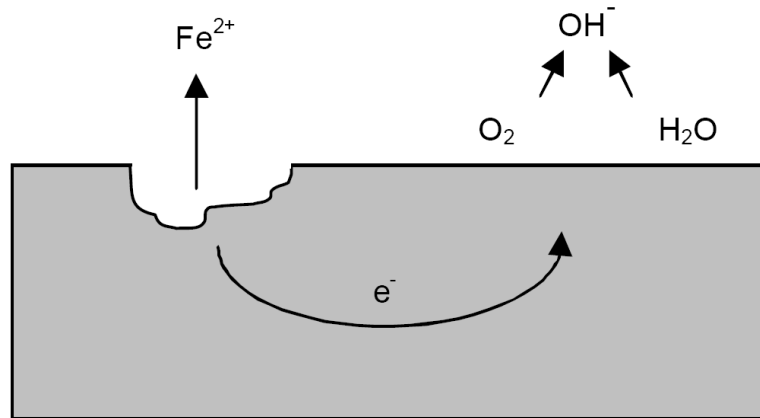


Ilustración 6 Esquema oxidación del Fe

Además del cromo y níquel pertenecientes a los aceros, encontramos un elemento químico muy especial en algunos aceros como es el molibdeno, este elemento químico lo encontramos en el acero 316 porcentaje del 2% al 3%. Es uno de los elementos clave a la hora de combatir la corrosión Marina, sin embargo, no todas las piezas las podemos hacer de este material puesto que supondría un coste excesivo.

Además, estamos en un ambiente marino, por tanto la probabilidad de corrosión es todavía más alta.



Ilustración 7 Corrosión en el ancla de un buque



1.6. Componentes

1.6.1. Tabla

Para nuestro proyecto necesitamos hacer uso de una tabla, para llevar los rescates a cabo de forma correcta. Necesitaremos una tabla con una propiedad clave, la flotabilidad. Necesitamos una tabla que nos permita soportar el peso de una persona y arrastrar un cuerpo, el cual estará tirando en la popa de la tabla. Además, nos debe permitir meter dentro de la tabla los componentes necesarios de propulsión y baterías.



Ilustración 8 Tabla safe master 11'

1.6.2. Motor sin escobillas

Dentro del mundo de los motores eléctricos encontramos una muy extensa variedad, sin embargo, los más utilizados son los motores sin escobillas y los motores con escobillas.

Podemos decir que el motor es el músculo de nuestro proyecto, en este caso el motor eléctrico es el encargado de transformar la energía eléctrica proveniente de la batería que a su vez está conectada al variador de velocidad y éste al motor.



Motor Brushless

Dentro de la amplia gama de motores quisiera focalizar la atención en el motor de tipo sin escobillas conocido en inglés como Brushless Motor.

El motor sin escobillas presenta unas cualidades sublimes, entre ellas podríamos destacar:

- Una excelente fiabilidad
- Un mantenimiento prácticamente nulo
- Es muy silencioso es decir no emite apenas señales acústicas.
- Es capaz de producir muchísima potencia con un muy bajo consumo.
- Tiene un precio contenido
- Podemos tener un control total de la velocidad de giro gracias al regulador de velocidad.

El hecho de no tener escobillas presenta dos cualidades muy buenas. Conseguimos que no haya fricción entre los polos positivos y negativos este hecho hace que al no haber fricción aumente el rendimiento, sea más silencioso y baje el mantenimiento cuando lo comparamos al de escobillas.

Otro aspecto que se considera muy importante es que este motor puede ser utilizado en lugares inflamables ya que al no haber fricción no produce chispas y por tanto no podrá detonar en el entorno creando ya bien sea una explosión o un fuego.

Sin embargo, el motor con escobillas no puede decir lo mismo, tiene desventaja ya que éste no puede ser utilizado en ambientes inflamables por el hecho de que al girar produce chispas.



Ilustración 9 Motor brushless

Los motores brushless giran a un determinado número de revoluciones gracias a la potencia suministrada por parte del variador de velocidad (ESC).

Para determinar el número de revoluciones por minuto que es capaz de llevar a cabo nuestro motor se utiliza la nomenclatura KV.

El valor de KV es la constante de revoluciones por minuto que ofrece el motor cuando únicamente le llega un voltio. Por tanto, esta constante tendremos que multiplicar la por la cantidad de voltaje que le entre al motor a cada instante.

Cuando un motor tiene la constante KV baja indica que el hilo de cobre del bobinado interior es más fino, pero tiene un mayor número de espiras, podríamos decir que el amperaje que circula por este tipo de motores es bajo, proporcionan mucho par motor sin embargo pocas revoluciones por minuto.

Cuando nos encontramos con motores que tienen KV altos, podemos deducir que el hilo de cobre será más grueso por tanto tendrá un menor número de espiras. Éste hecho hace que el motor pierda mucho par y sin embargo adquiera mayores números de revoluciones por minuto. Es decir, este tipo de motores es utilizado en aviones de carreras teledirigidos puesto que podrán adquirir velocidades punta muy elevadas.

En nuestro proyecto vamos a instalar un motor brushless trifásico el cual está compuesto por dos partes, el rotor y el estator.

En la parte del rotor encontramos dos imanes permanentes norte y sur y giran alrededor del estator.

El estátor sin embargo como bien dice el nombre estará estático en nuestro motor, este está equipado por un eje central el cual está unido al rotor y tendrá un número par de bobinas por las cuales circulará corriente eléctrica en polos contrarios, el hecho de que vaya circulando corriente alternadamente crea movimiento en el estator gracias a la inducción magnética.

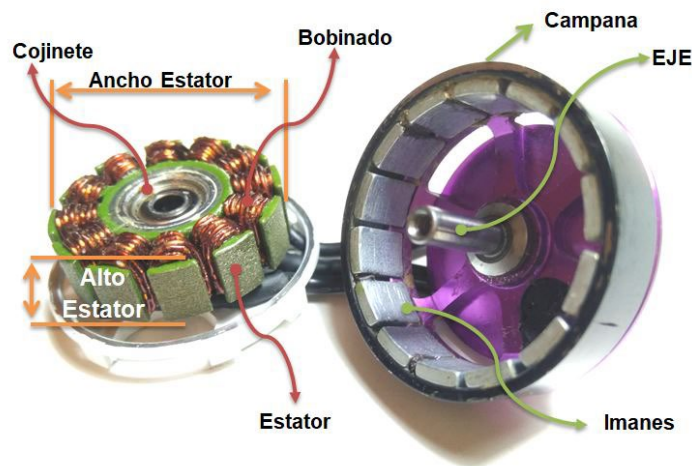


Ilustración 10 Rotor y estator de un motor brushless

Podríamos describir este fenómeno como una carrera de galgos detrás de una liebre, en este caso los galgos serían los imanes del rotor y la liebre los bobinados del estator. Cuando la liebre empieza a moverse es decir empezamos a hacer circular corriente alternativamente por los bobinados interiores del estator. El galgo que vendría a ser el rotor comienza a perseguir la corriente eléctrica cuando circula por un polo, pero nunca llega a pillarlo, gracias a este fenómeno conseguimos hacer girar el rotor.

1.6.3. Batería

Dentro del mundo de las baterías encontramos una gran cantidad de ellas, sin embargo, las más utilizadas por su capacidad de descarga y almacenaje son las baterías Li-po.



Estas baterías tienen diferentes características y entre ellas encontramos aspectos muy positivos los cuales nos resultan de gran beneficio, ya que conseguimos almacenar mucha cantidad en un espacio muy reducido, además como he dicho previamente tienen una capacidad muy alta de descarga. Podemos comprar baterías con mayor o menor número de celdas en función de los requerimientos de nuestra instalación eléctrica.

Este tipo de baterías también tienen algunos aspectos negativos, el caso es que es una de las baterías más peligrosas que hay, puesto que hay que tener un control muy exacto de la carga de la batería ya que si excedemos los 4,2 voltios que tiene como voltaje máximo una celda podemos hacerla explotar.

Otro aspecto importante es que si la batería alcanza un voltaje inferior a 2,7 voltios también dejará de funcionar.

Por tanto, siempre hay que tener un balance rondando el voltaje nominal y programando controladores dentro de la instalación para que el voltaje jamás se acerque a 2,7 voltios.

Se recomienda que se programen los controladores eléctricos para que el voltaje no sea inferior a 3,2 voltios por seguridad de no dañar la batería.

A continuación, quisiera diferenciar varios parámetros básicos de las baterías li-po:

1.6.3.1. Celdas

Una batería está construida por un determinado número de celdas, éstas reciben la nomenclatura de:

Si tienen una única celda serán de tipo 1s si tienen dos celdas serán de tipo 2s y a partir de aquí múltiples de 2, tendríamos las 4s, 6s, 8s...

Estas celdas son capaces de almacenar una cantidad predeterminada de energía. Cabe destacar que a mayor número de celdas mayor será el almacenaje de nuestra batería, una celda es capaz de almacenar una cantidad que va desde los 4,2 de voltaje máximo pasando por 3,7 que es el voltaje nominal y llegando hasta 2,7 que es el voltaje mínimo.

Una vez dicho esto, podemos asimilar las siguientes características que tendrán las baterías:



CELDAS	Voltaje Nominal	Voltaje Máximo cargado
1	3,7	4,2
2	7,4	8,4
3	11,1	12,6
4	14,8	16,8
5	18,5	21
6	22,2	25,2

Ilustración 11 Esquema del voltaje en función del número de celdas

1.6.3.2. Autonomía

Cuando hablamos de autonomía nos estamos refiriendo a una batería, las unidades que se identifican con la autonomía son los miliamperios hora.

Como hemos comentado en el apartado anterior, una batería está compuesta por diferentes celdas, cada una con un voltaje nominal de 3,7 voltios. En función del tipo de batería tendremos más celdas para que nos proporcionen un mayor voltaje. Por otro lado, en función de la calidad de cada celda conseguiremos que la batería tenga una mayor tasa de descarga o una menor.

La autonomía de una batería la podemos comparar con una botella de agua es decir una botella de un litro de agua siempre va a poder almacenar más agua que una de 0,3 L. Pues lo mismo sucede con las baterías, una batería de 2000 mAh siempre va a poder almacenar más cantidad de energía que una de 1000 mAh.

¿Pero que significa que tenga una capacidad de 2000 mAh? Pues básicamente significa que esa batería es capaz de entregar dos amperios durante una hora.

Por otro lado, otro aspecto muy importante es la tasa de descarga, en el mundo de las baterías describimos la tasa de descarga como: 1C, 2C, 8C...



1.6.3.3. Carga de la batería

Las baterías li-po cuando están descargadas las tenemos que cargar hasta un voltaje máximo de aproximadamente 4,2 voltios. Para ello es necesario entender cómo funciona la carga de estas baterías.

Para cargar una batería le introducimos una intensidad constante, la cual ha de confirmar el fabricante en las especificaciones de la batería. Generalmente se suele dar en un formato muy parecido a la tasa de descarga, pero normalmente la batería se suele cargar mucho más lento para no dañarla y conseguir unas cargas óptimas.

Cuando hablamos de mucho más lento hablamos de aproximadamente 1 C es decir para una batería de 3000 miliamperios es sano cargarlo a 3 amperios. Cabe destacar que si se carga a un menor amperaje menos se dañará, es decir, tendrá un ciclo de carga más sano.

Dicho esto, ya sabemos que las baterías se cargan a intensidad constante, si estamos cargando una batería significa que estaba desgastada, por tanto el voltaje sería de aproximadamente 3 voltios al inicio de la carga. Nosotros introducimos de forma continuada una intensidad y un voltaje hasta que el voltaje llega a 4,2 voltios.

Una vez llega a este voltaje mantenemos constante los 4,2 voltios y bajamos la intensidad hasta la intensidad de corte. Esta intensidad suele estar cercana a cero, para ser más exactos 0,1A.

En el gráfico que muestro a continuación se puede comprobar visualmente como salimos de un voltaje inicial y llegamos a 4,2 voltios, en ese instante bajamos la intensidad constante que teníamos a una intensidad de 0,1C.

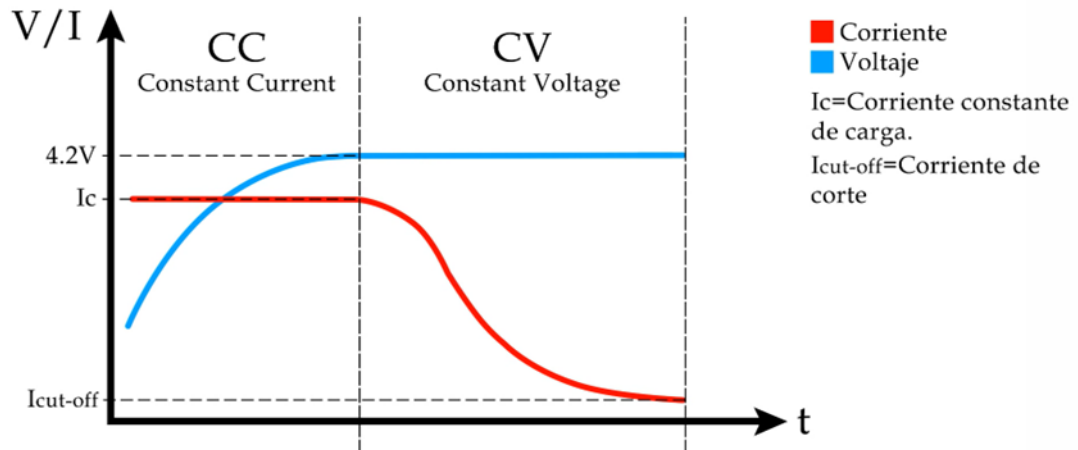


Ilustración 12 Esquema de carga de la batería

A continuación, mostraré un plano eléctrico de cómo estaría construida una batería en este caso 3 S es decir tendrá 3 celdas, podemos observar la toma de carga y por otro lado la toma de descarga.

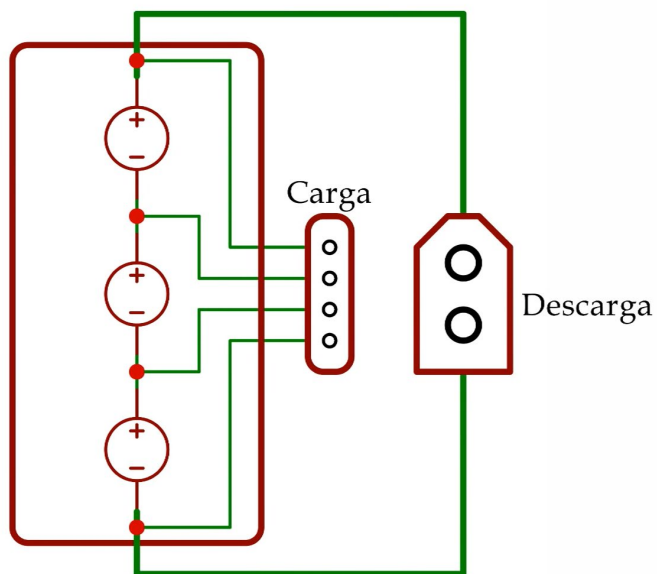


Ilustración 13 Esquema eléctrico de una batería 3s

Cuando cargamos una batería la cargamos por el puerto de cuatro clavijas para poder suministrar energía a las 3 celdas de la batería colocadas en serie.



Dentro del mercado encontramos un amplio catálogo de cargadores, sin embargo uno de los cargadores más polivalentes y que mejor características tiene es el Imax B6.

Este cargador nos permite cargar a nuestro gusto la batería, es decir podemos acceder a submenús para decidir qué celdas reciban más voltaje y qué celdas menos para tratar de compensar el voltaje interior de cada una y que todas valgan 4,2 en su máxima carga.

Además, tiene la polivalencia de cargar baterías desde 1S hasta 8 S y decidir con qué intensidad cargar las celdas, es decir cualquier parámetro es configurable y eso es una gran ventaja.



Ilustración 14 Cargador Imax B6

1.6.3.4. Descompensación voltaje de las celdas de la batería.

Con el paso del tiempo y los ciclos de carga las baterías tienen una tendencia a variar el voltaje entre las celdas, lo cual es perjudicial para nuestro equipo puesto que la caída muy pronunciada de una celda hará mermar las otras celdas.



A continuación, muestro un caso de descompensación de voltaje en las baterías. Como he dicho previamente con algunos cargadores únicamente carga la batería hasta llegar al voltaje máximo, sin embargo, el mostrado previamente el cargador Imax B6 nos permite ver qué celdas tienen un menor voltaje y cuales un mayor voltaje.

Una vez somos conscientes de ello podemos compensar todas las celdas para tener una batería sana y lista para un óptimo funcionamiento.

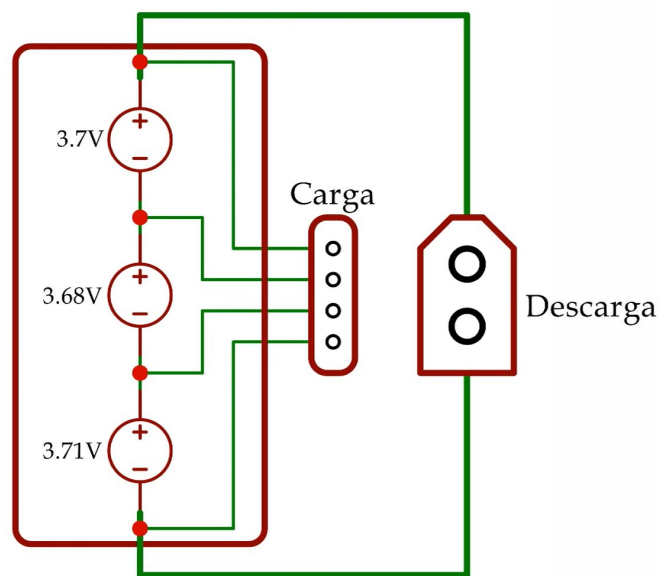


Ilustración 15 Batería descompensada

1.6.3.5. Descarga de la batería

Cada batería en función de los materiales empleados y lo bien construida que esté tiene unas mejores o peores cualidades.

Podemos decir que un avión de aeromodelismo tendrá una batería con una tasa de descarga muy elevada para poder hacer aceleraciones rápidas y conseguir muchísimo par motor. Por otro lado, si tenemos un camión de juguete tendrá una tasa de descarga muy baja, lo que implica es que durará mucho más la batería, pero no tendrá una respuesta de motor rápida.



La tasa de descarga nos viene en un formato de un número acompañado de la letra C. Por ejemplo, si tenemos una batería de 3000 miliamperios hora es decir 3 amperios hora, esto significa que hemos de multiplicar el 8 por los 3 amperios hora y sabremos la tasa máxima de descarga que es igual a 24 amperios.

Cabe destacar que pese a que las unidades no concuerden hablamos de amperios ya que el parámetro que acompaña la tasa de descarga fue creado para facilitar los cálculos.

Podemos sacar nuestras propias conclusiones y dar por hecho que, si la batería era capaz de dar 3 amperios en una hora hasta que se descargue por completo, si ahora da 24 amperios se descargará mucho más rápido, lo que es lo mismo durará menos de una hora.

A continuación, muestro un gráfico el cual nos enseña la curva de descarga de una batería en función del voltaje. Como podemos ver, cuando la batería está cargada al máximo y comenzamos a descargarla, baja drásticamente su voltaje hasta lo que considerábamos aproximadamente su voltaje nominal. Una vez llega a su voltaje nominal su descarga comienza a ser más lenta hasta llegados los 3,3 V, que vuelve a bajar drásticamente.

El color verde representa la mayor tasa de descarga, que es aproximadamente 50 C, es el que baja más rápidamente por tanto el que antes vaciará el voltaje de la batería. La línea de color negro representa la menor tasa de descarga y es de 35 C a 175 amperios. Ésta tiene una curva menos pronunciada y por tanto, la batería durará más tiempo en descargarse.

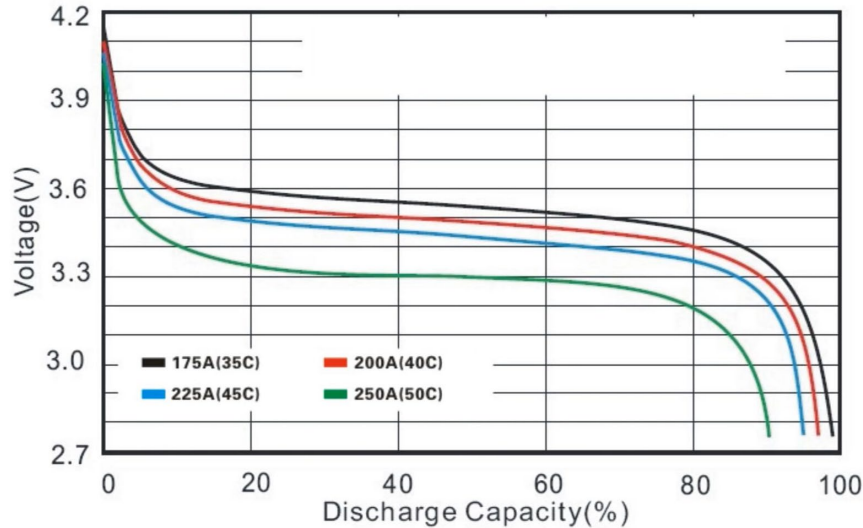


Ilustración 16 Curva de descarga de una batería

1.6.4. Variador de velocidad (ESC)

Todos los motores eléctricos de tipo busheles han de estar conectados a un variador de velocidad conocido por las siglas ESC (Electronic Speed Controller).

El variador de velocidad lo ubicamos conectado entre la batería y los componentes instalados, es decir motor, receptor y servos pese que a nuestra instalación no tendrá servos.

El variador de velocidad es un circuito eléctrico compuesto por transistores de tipo FET (Field-effect transistor) y al ajustar el ciclo de trabajo o la frecuencia de conmutación de éstos se consigue variar la velocidad de giro del motor.

En el mercado, encontramos diferentes tipos de variadores de velocidad tanto para motores de corriente continua con escobillas y como para motores de corriente continua sin escobillas. En nuestro caso focalizaremos la atención en aquellos variadores de velocidad que aplican en los motores de corriente continua sin escobillas ya que será el que instalaremos.

El variador de velocidad se encarga de controlar y regular la velocidad de giro del motor eléctrico sin escobillas, además de regular la velocidad que es capaz de hacer girar el motor en ambos sentidos y llevar a cabo un frenado dinámico.



Los variadores de velocidad los ubicamos entre la batería y el motor sin escobillas, el motor tiene unos requerimientos y unos consumos los cuales han de ser inferiores que la corriente que soporta el variador de velocidad, ya que si no lo acabaremos quemando.

Un aspecto muy importante es que los clasificamos en función de la corriente máxima capaz de tolerar. En nuestro caso necesitaremos un variador de velocidad con mucha capacidad de corriente, probablemente superior a 50 amperios, pero esto lo calcularemos posteriormente.

El variador de velocidad suele tener una forma rectangular, al cual entra una potencia por dos cables que acostumbran a ser negro y rojo proveniente de la batería. Una vez llega al variador saca esta corriente en forma trifásica por 3 cables y estos están conectados al motor. Por otro lado, tenemos la salida BEC (Battery Eliminating Circuit), la cual se encarga de alimentar el receptor y éste a los servos.

Es preciso decir, que la salida BEC va a requerir de muy poca potencia eléctrica ya que los servos suelen tener consumos muy bajos. En nuestro caso únicamente suministrará energía al receptor ya que no tenemos servos instalados.

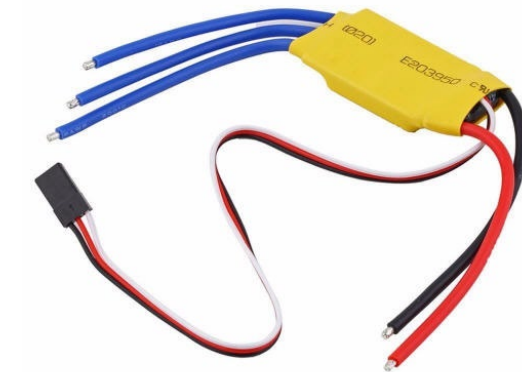


Ilustración 17 Variador de velocidad (ESC)



1.6.5. Receptor y emisora

Para poder dirigir nuestra tabla de surf necesitamos un receptor y un emisor. Dentro del mundo de los transmisores y receptores, encontramos una muy amplia gama, pero para nuestro proyecto necesitará unas cualidades específicas ya que estarán en un ambiente marino.

Para cualquier uso de drones, coches... Es decir, cualquier aparato comandado a distancia requerirá tener un comando para acelerar y otro para girar, en el caso de los aviones también tendrán para los flaps diferentes botones que permiten su movimiento en los diferentes ejes. Sin embargo, para nuestro proyecto lo único que necesitamos es un mando a distancia, el cual nos permita acelerar o dejar de acelerar.

Además de tener una palanca para poder acelerar y frenar veo muy conveniente que el acceso sea muy rápido y sencillo, puesto que se usará para rescatar personas.

El funcionamiento del conjunto es el siguiente, tenemos un receptor el cual está conectado al variador de velocidad por la salida BEC, en este caso el variador de velocidad alimenta de energía al receptor dándole unos aproximadamente 3 amperios y 5 voltios. Cada receptor tiene unas características diferentes, pero siempre rondan por unos valores cercanos a los dichos previamente.

Una vez realizadas las conexiones se sincroniza la emisora con el receptor, el canal de información será el siguiente: si necesitamos acelerar ejerceremos presión sobre el botón de la emisora el cual está configurado para acelerar, la emisora enviará una señal que llegará al receptor y éste compartirá instantáneamente con el variador de velocidad la indicación ordenada de acelerar.

Un receptor en función del número de componentes que haya de controlar tendrá un número determinado de canales, esto significa entradas disponibles para conectar componentes. En nuestro caso como únicamente queremos un único control y será el de velocidad es decir si está acelerando o si está frenando consideraremos que nuestro receptor únicamente tiene un canal.

Una vez le llega al variador de velocidad, éste hará circular mayor intensidad de la batería al motor y hará que el motor acelere.



Ilustración 18 Emisor



Ilustración 19 Receptor

1.6.6. Bomba refrigeradora

Para nuestro proyecto no vamos a hacer uso de una bomba refrigeradora puesto que se trata de un motor de unas dimensiones relativamente pequeñas, además podemos aprovechar el agua de mar como refrigerante haciéndolo de la siguiente manera.

Colocaremos el motor brushless que lleva una carcasa instalada de fábrica con dos orificios uno de entrada y uno de salida para poder llevar a cabo la refrigeración.

De estos orificios sacaremos dos tubos, uno irá en el lugar donde sale el agua de propulsión movida por el motor. De esta manera crearemos una circulación de agua que circulará más rápido en función de lo rápido que vaya nuestro equipo.

Probablemente tengamos que usar otra toma, ya que en nuestro equipo necesitaremos mucha potencia así que será necesario refrigerar también el ESC.



Ilustración 20 Motor brushless refrigerador por agua

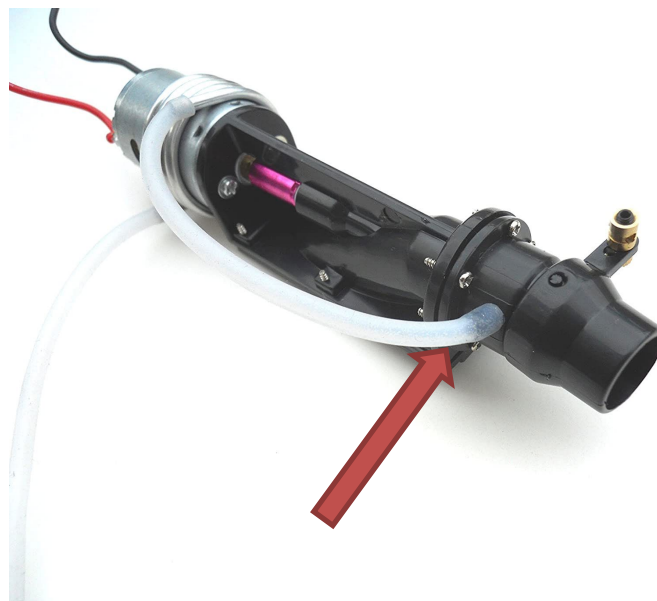


Ilustración 21 Refrigeración por agua desde la salida de water jet a motor

1.6.7. Water jet

Para una mayor seguridad en los rescates, pese a que el rendimiento será un poquito inferior, he considerado que tener una hélice fuera de nuestra tabla podría dañar o bien a la persona que rescataba o al socorrista el cual está realizando el rescate.

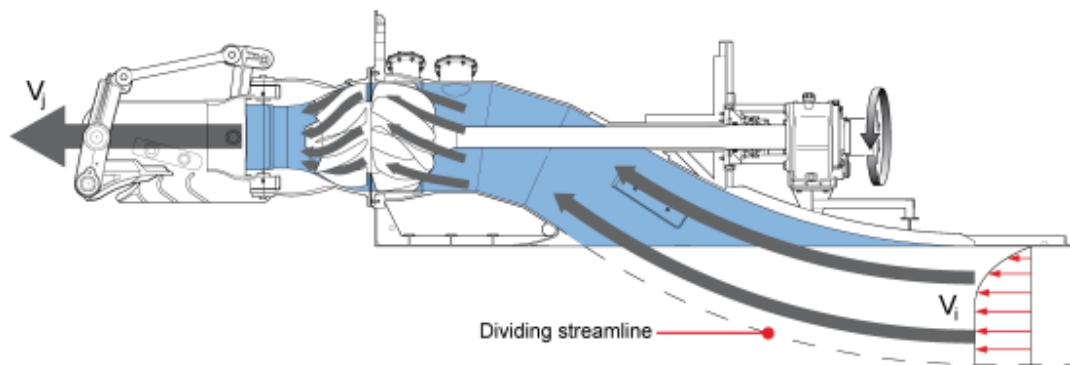


Por tanto, la mejor solución, la que considero más viable es hacer uso de un water jet.

Un water jet es un sistema de propulsión que tiene un funcionamiento parecido al de una bomba. En este sistema de propulsión tenemos dos orificios uno en la parte inferior y otro en la parte final del recorrido, es decir la posterior. El agua entra por la parte inferior (succión) ya que la hélice está instalada dentro de la cavidad y hace efecto de vacío, llevando a cabo la introducción del agua dentro de nuestro water jet.

Al girar la hélice expulsa el agua por la parte posterior a muy alta velocidad y presión, lo cual hace que avancemos ofreciéndonos así muy buenas prestaciones.

A continuación, muestro una foto dónde queda representado cómo sería un water jet.



1.6.7.1. Conexión hélice motor

Para poder transportar la potencia del motor a la hélice, primero ésta ha de pasar por un eje el cual conecta ambos componentes.

En primer lugar, instalaremos el componente water jet dentro del prototipo, éste tiene la ventaja de ser un conjunto de hélice con eje y cámara de circulación del fluido.

Una vez tengamos el water jet instalado lo que haremos será instalar el motor alineando ambos ejes para que el traslado de la energía mecánica producida por el motor lo mas efectiva posible

Una vez coloquemos el motor pasamos a unir ambos ejes mediante lo que conocemos como (Pieza de acoplamiento de ejes), ésta pequeña pieza permite la

entrada por sus dos orificios para conectarlos y que se transmita correctamente el movimiento del motor a la hélice.



Ilustración 23 Acople de ejes



2. Diseño.

2.1. Aspecto técnico.

2.1.1. BoardCAD

Para realizar el diseño de la tabla, he seleccionado un programa llamado BoardCAD.

Es un programa gratuito el cual nos permite diseñar según nuestras especificaciones técnicas una tabla. En primer lugar, al ejecutar el programa necesitamos incluir datos como la longitud, espesor y ancho. Una vez con estos parámetros el programa nos crea un modelo de tabla.

Basándome en modelos ya existentes en el mercado de tablas de paddle surf, he obtenido unas medidas semejantes de longitud, espesor y ancho.

Cuando tenemos el modelo, es necesario ajustar las superficies de la tabla para obtener un mayor volumen y una mejor hidrodinámica. Cuando tenemos las dimensiones que mejor se adaptan, creamos una red de puntos en 3 dimensiones para poder exportarlo a Maxsurf.

En las imágenes adjuntas a continuación, muestro los planos, especificaciones técnicas obtenidas una vez realizado el modelaje y por último dimensionado en 3d.

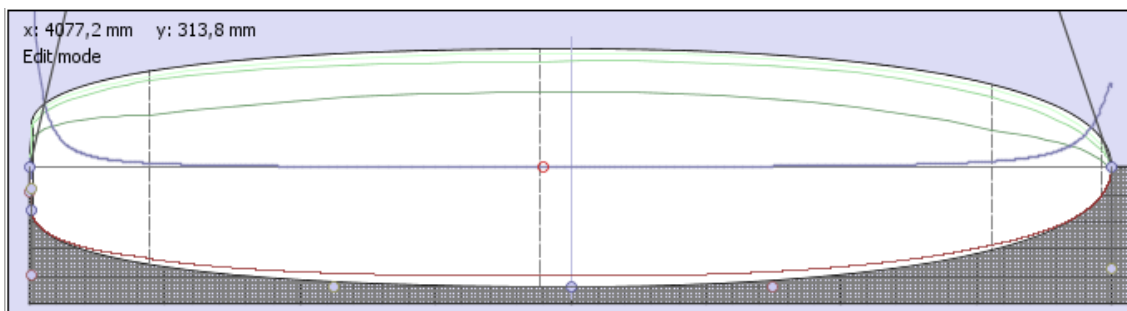


Ilustración 24 Planta de la tabla

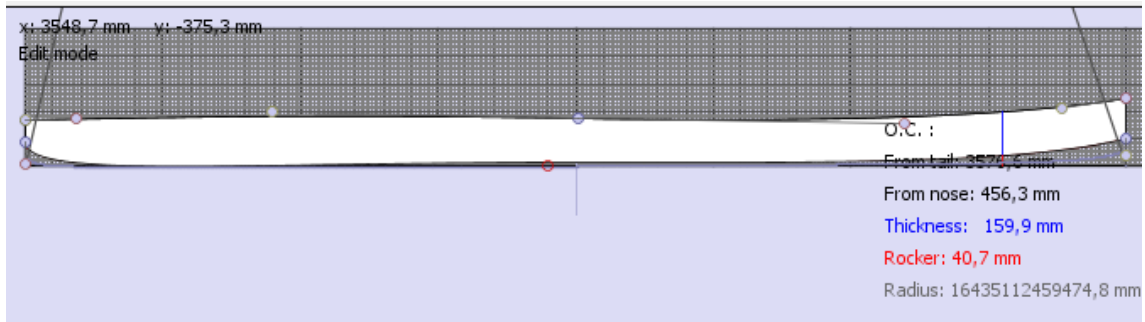


Ilustración 25 Perfil de la tabla

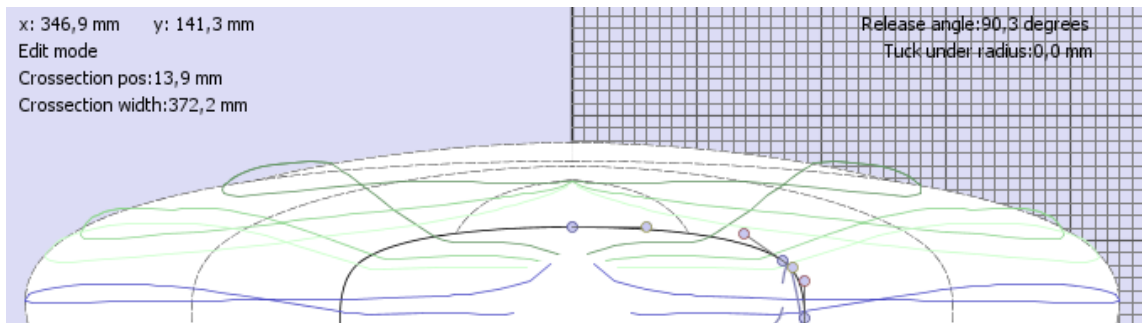


Ilustración 26 Alzado de la tabla

Edit mode:: x=0 y=0 z=0

	Width	Thickness	Nose rocker	Tail rocker
Length	W.P. : 880,0 mm @ 1,1 mm	T.P.: 181,9 mm @ -1286,0 mm	Nose: 104,0 mm	Tail: 88,1 mm
<input checked="" type="radio"/> Straight line: 4000,0 mm	Nose(1') : 530,5 mm	Nose(1') : 158,6 mm	Nose(1') : 53,8 mm	Tail(1') : 4,5 mm
<input type="radio"/> Over curve: 4032,9 mm	Tail(1') : 660,5 mm	Tail(1') : 172,5 mm	Nose(2') : 31,0 mm	Tail(2') : 0,1 mm
	Center: 880,0 mm	Center: 161,4 mm		
Volume: 424,059 liters		Area: 2,971 m²		

Ilustración 27 Especificaciones técnicas de la tabla

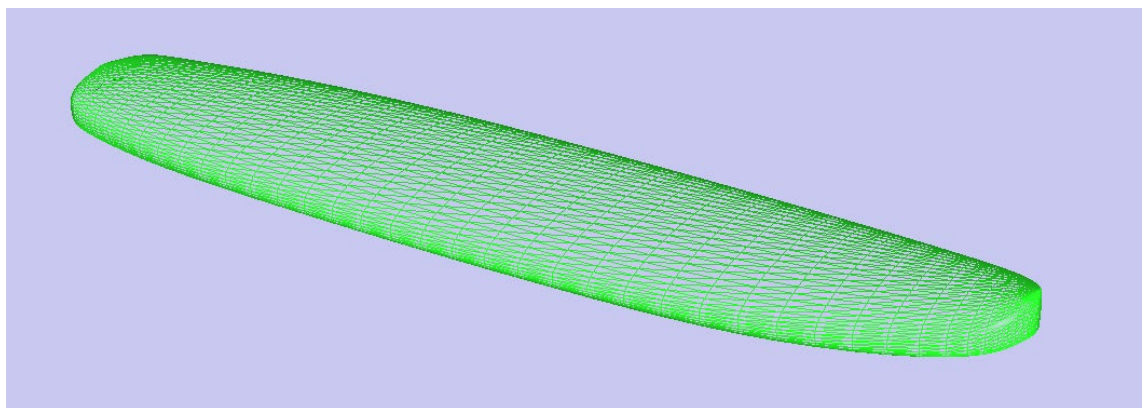


Ilustración 28 Malla del modelado de la Tabla 1

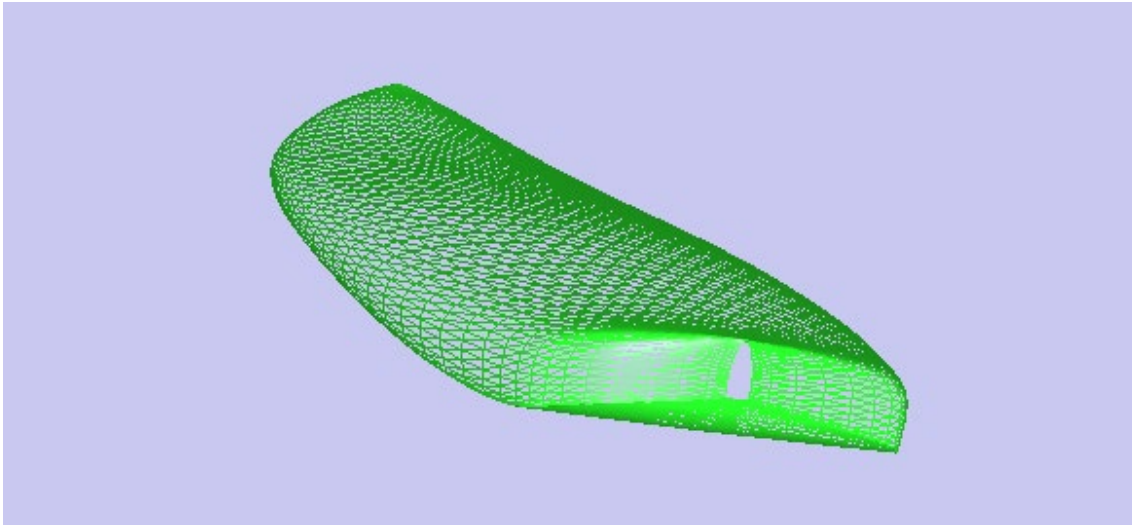


Ilustración 29 Malla del modelado de la Tabla 2

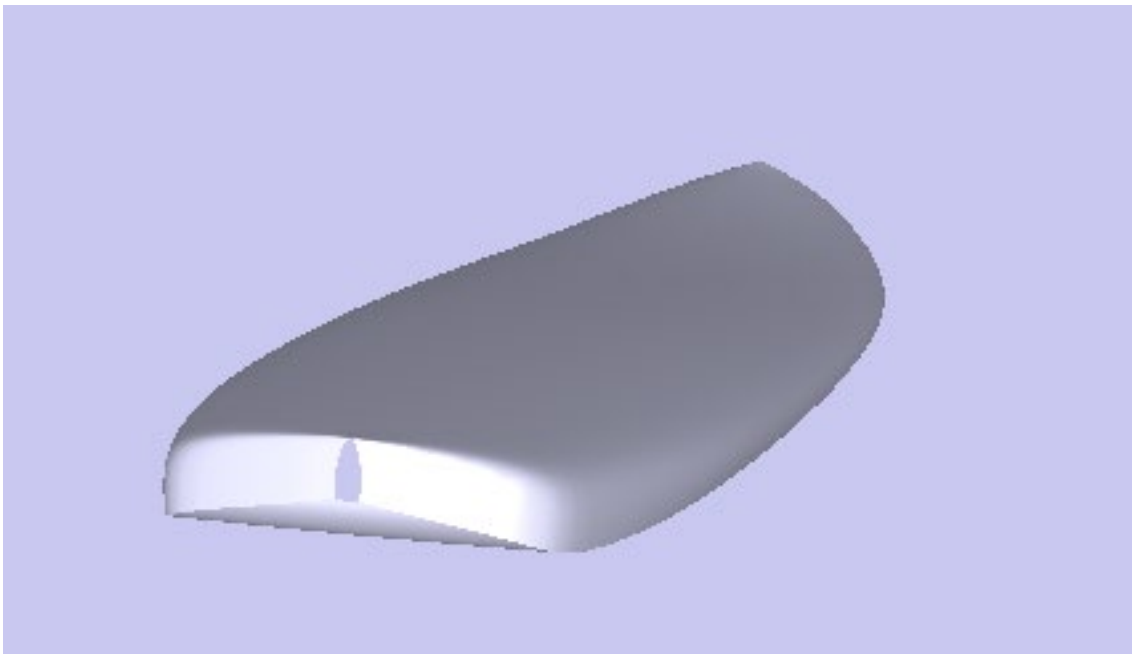


Ilustración 30 Tabla en 3d aplicando textura

Una vez generada la tabla hemos conseguido el valor volumétrico de ella. Con este valor multiplicándolo por la densidad del agua Marina podemos saber cuál va a ser el peso capaz de soportar.

$$Volumen = 424,059 \text{ l} * 0,001 \frac{\text{m}^3}{\text{l}} = 0,424059\text{m}^3$$

Ecuación 1 Volumen de la tabla en m³

Sabemos que la densidad del agua del mar es de 1026kg/m³aproximadamente. Por tanto, si multiplicamos la densidad por el volumen de nuestra tabla, podremos adivinar la carga máxima capaz de soportar.

Carga maxima = Volumen * densidad agua marina

$$= 0,424059m^3 * \frac{1026kg}{m^3} = 435,1 kg$$

Ecuación 2 Carga máxima capaz de soportar la tabla

Podemos afirmar que la tabla será capaz de soportar una carga aproximada de 435,1 kg. Esto significa que podrá transportar un socorrista de un peso de 90 kg y un bañista de 80kg sobradamente puesto que juntos no llegan ni al 50%de la carga total capaz de soportar.

2.1.2. Max Surf (Modeler).

Una vez tenemos la tabla diseñada, ya conocemos todas las medidas y nos quedará pendiente exportar estos planos a AutoCAD para así poder hacer los siguientes cálculos de resistencia al avance potencia necesaria...

La compatibilidad del programa BoardCAD y Max Surf cuando se exporta los archivos entre ambas plataformas se pierde información, es por eso por lo que finalmente he tomado la decisión de crear un modelo nuevo desde Max Surf respetando las medidas, dimensiones y volumen de nuestra embarcación.

- Eslora = 4m
- Manga = 0,88 m
- Puntal = 0,18

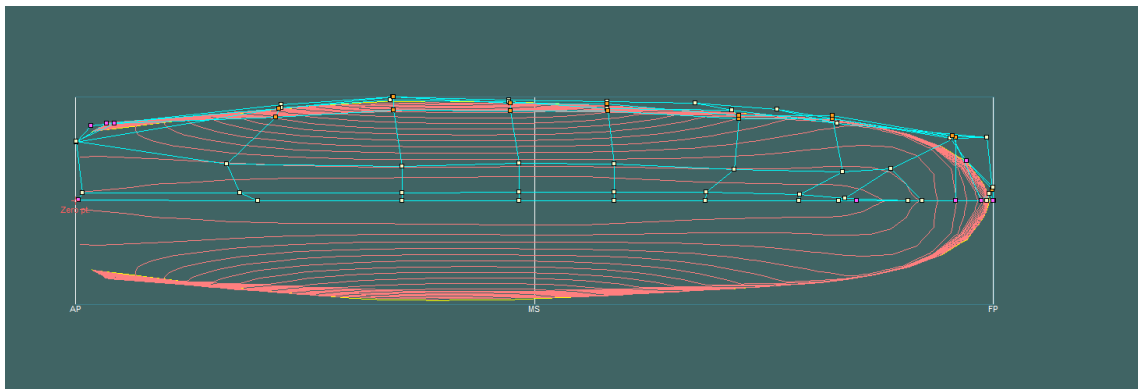


Ilustración 31 Max Surf plano (Planta)

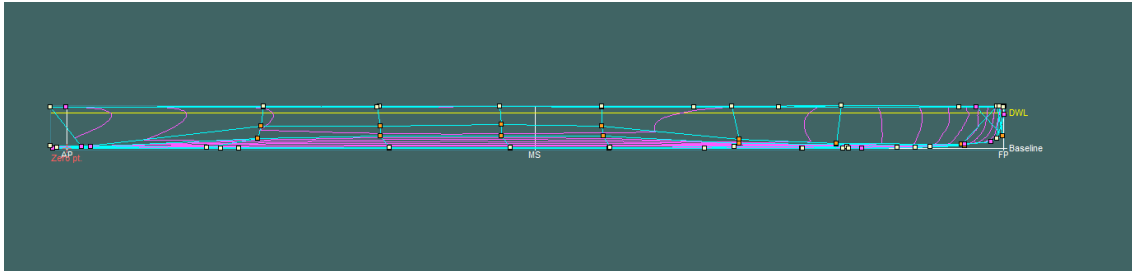


Ilustración 32 Max Surf plano (Alzado)

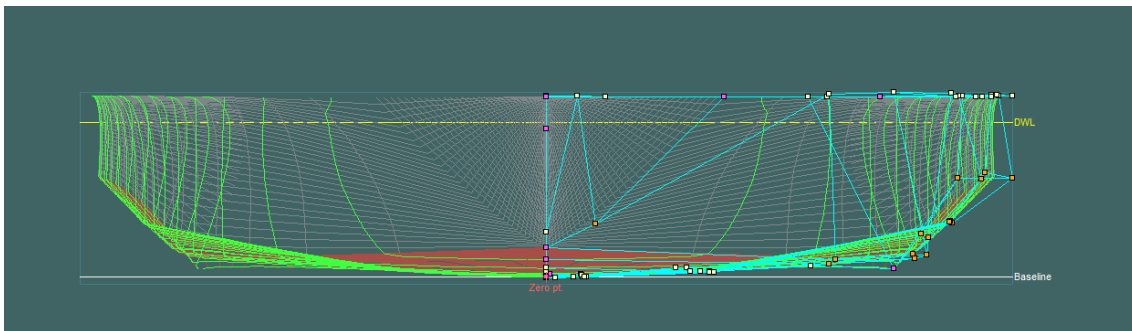


Ilustración 33 Max Surf plano (Perfil)

Una vez introducidas todas las medidas de la tabla y establecido las formas aproximadas del diseño creado con BoardCAD.

Es el momento de comprobar cómo de aproximados estamos, para ello he utilizado la herramienta de Mac surf llamada “parametric transformation”.

He determinado los parámetros de Length, Beam and Immersed Depth, Y he dejado como variable libre el desplazamiento, al darle a buscar he obtenido que la embarcación puede soportar un desplazamiento de 463 kg cuando tiene todo el calado sumergido, es decir, la tabla estará hundida por completo. Como podemos comprobar, el desplazamiento generado por los cálculos del programa BoardCAD en el apartado 2.1.1. Es prácticamente el mismo por tanto podemos afirmar que la aproximación es correcta.



Parallel midbody
 Aft midbody limit Forward midbody limit

Search For:
 Block Coefficient LCB aft of DWL(fwd) % DWL
 Prismatic Coefficient LCF aft of DWL(fwd) % DWL
 Midship Area Coefficient Topside Flare Degrees
 Waterplane Area Coefficient

Scale To:
 Displacement Beam on DWL Density (water)
 Length on DWL Immersed Depth

Ilustración 34 Max Surf transformación paramétrica (Toda la eslora)

Para ello he realizado el siguiente supuesto:

Una tabla con estas características pesa aproximadamente 23 kg, además en su situación de carga a de transportar a dos personas por tanto establecido el peso medio por persona de unos 80 kg.

$$\begin{aligned}
 & \text{Desplazamiento (situacion carga standard)} \\
 & = 80\text{kg} * 2\text{personas} + 23\text{kg (peso tabla)} = 183\text{kg}
 \end{aligned}$$

Ecuación 3 Desplazamiento

En esta situación de carga el calado será de 0,08 m, el coeficiente prismático de 0,906 y el coeficiente de bloque de 0,685.

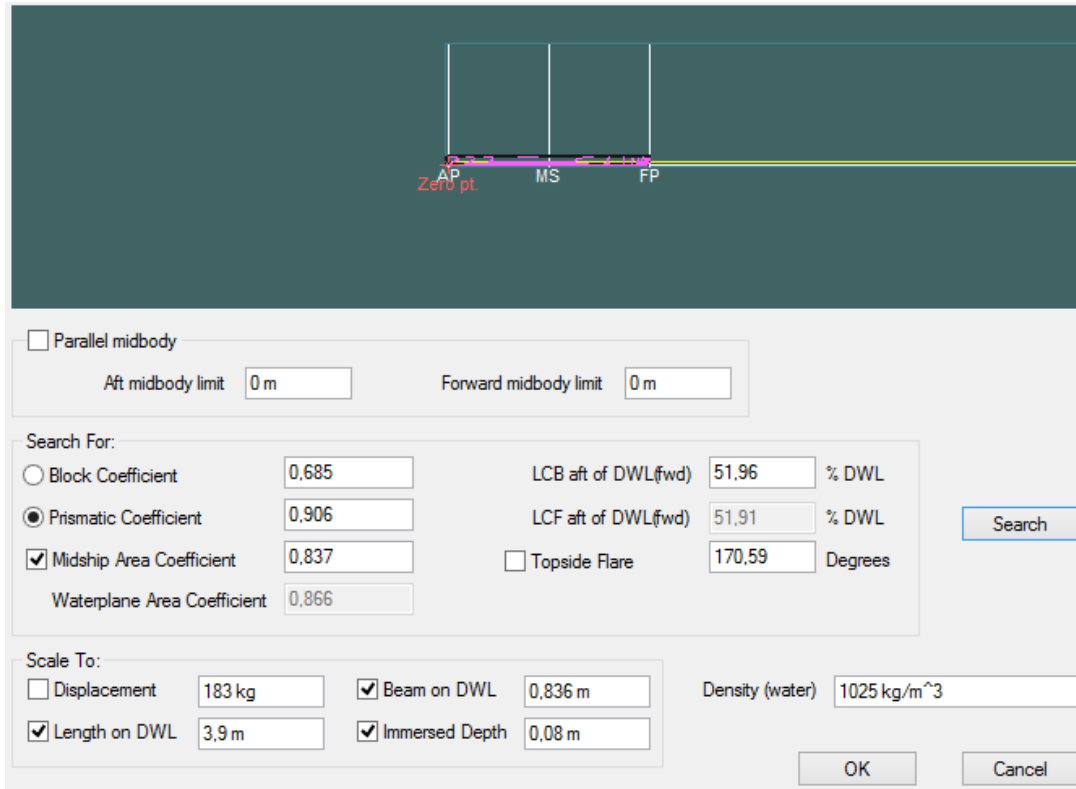


Ilustración 35 Max Surf transformación paramétrica (Calado standard)

El punto de referencia está ubicado en la perpendicular de popa. Como no tiene mecha para timón, este punto está ubicado en la parte más exterior de la popa.

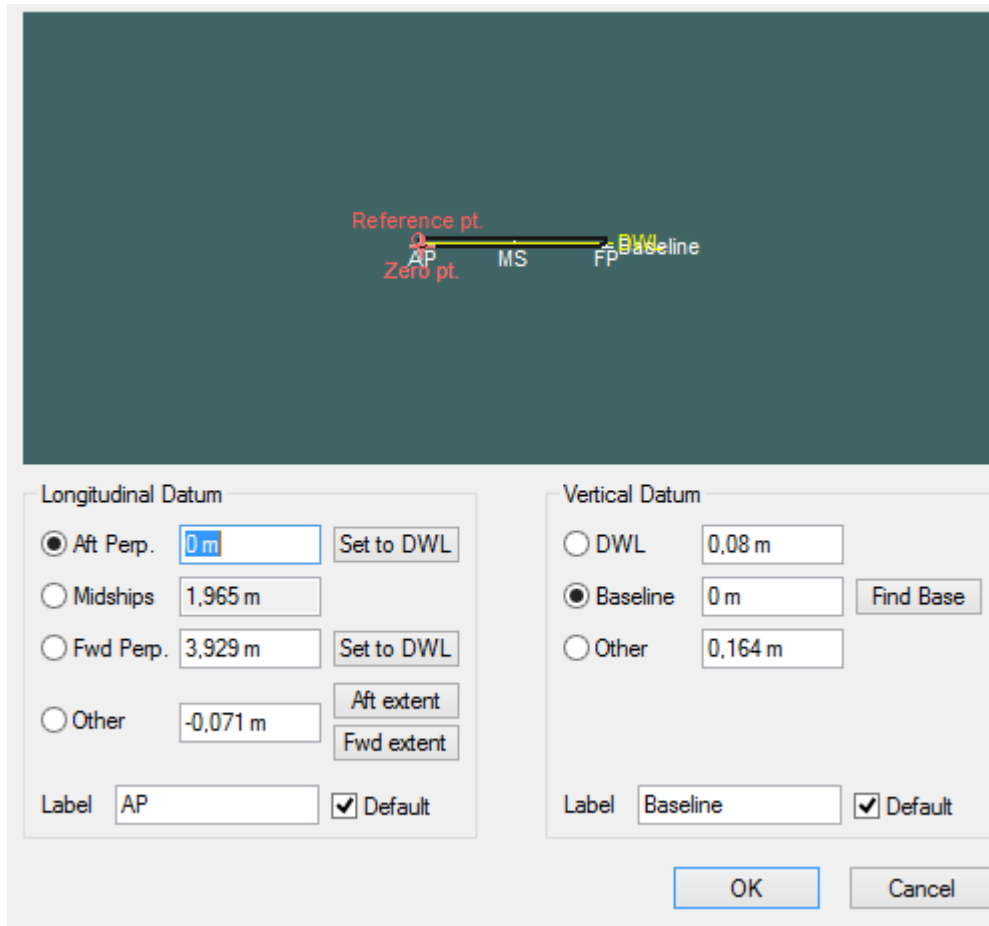


Ilustración 36 Max Surf Punto de referencia

Una vez llegados a este punto abriremos el archivo con el Max Surf Resistance para buscando especificaciones de la embarcación.



	Measurement	Value	Units
1	Displacement	183,0	kg
2	Volume (displaced)	0,179	m ³
3	Draft Amidships	0,080	m
4	Immersed depth	0,080	m
5	WL Length	3,900	m
6	Beam max extents on	0,835	m
7	Wetted Area	3,177	m ²
8	Max sect. area	0,051	m ²
9	Waterpl. Area	2,823	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,906	
11	Block coeff. (Cb)	0,685	
12	Max Sect. area coeff.	0,838	
13	Waterpl. area coeff. (C)	0,867	
14	LCB length	1,884	from ze
15	LCF length	1,888	from ze
16	LCB %	48,319	from ze
17	LCF %	48,410	from ze
18	KB	0,046	m
19	KG fluid	-0,016	m
20	Bmt	0,771	m
21	BML	16,798	m
22	GMt corrected	0,833	m
23	GML	16,860	m
24	KMt	0,817	m
25	KML	16,844	m
26	Immersion (TPc)	0,029	tonne/c
27	MTc	0,008	tonne.m
28	RM at 1deg = GMt.Dis	2,660	kg.m

Density (water)

Std. densities

VCG

Ilustración 37 Max Surf Hidrostáticas

2.1.3. Max Surf (Resistance).

Con el Max Surf Resistance vamos a encontrar diferentes parámetros, con el objetivo de determinar qué potencia necesaria requiere nuestra embarcación para movernos a una cierta velocidad.



En primer lugar tenemos la curva de áreas con ella podemos hacernos una idea de cómo son las áreas de cada sección de nuestra tabla en función de la eslora.

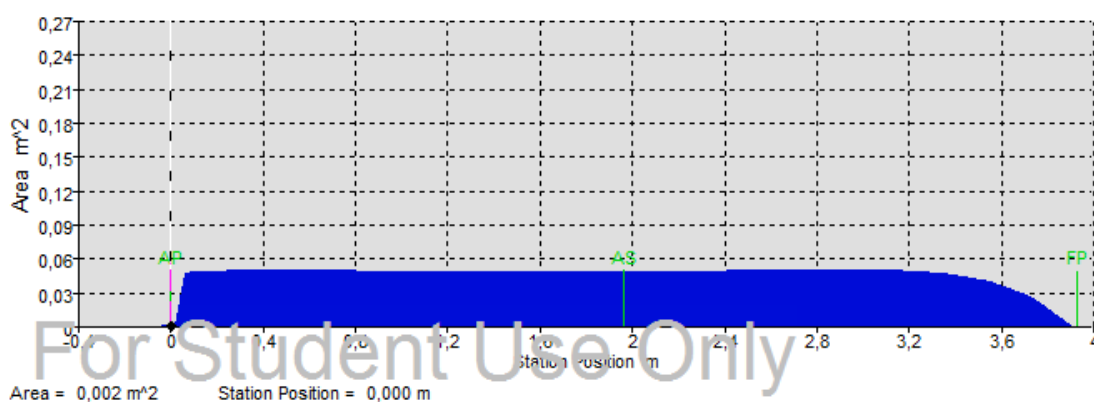


Ilustración 38 Curva de Áreas

Uno de los aspectos más importantes a la hora de calcular la resistencia es emplear el método correcto. Para ello he comparado estos dos métodos los cuales sirven para calcular buques con formas muy llenas.

	Item	Value	Units	Holtrop	Van Oortmerssen
1	LWL	3,9	m	3,9	3,9 (low)
2	Beam	0,835	m	0,835 (high)	0,835 (high)
3	Draft	0,08	m	0,08 (low)	0,08 (low)
4	Displaced volume	0,18	m³	0,18	0,18
5	Wetted area	3,207	m²	3,207	3,207
6	Prismatic coeff. (Cp)	0,912		0,912 (high)	0,912 (high)
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,871		0,871	--
8	1/2 angle of entrance	23,6	deg.	23,6	23,6
9	LCG from midships(+ve for'd)	-0,091	m	-0,091	-0,091
10	Transom area	0	m²	0	--
11	Transom w/ beam	0	m	--	--
12	Transom draft	0,077	m	--	--
13	Max sectional area	0,051	m²	--	0,051
14	Bulb transverse area	0	m²	0	--
15	Bulb height from keel	0	m	0	--
16	Draft at FP	0,08	m	0,08	--
17	Deadrise at 50% LWL	7,7	deg.	--	--
18	Hard chine or Round bilge	Round bilge		--	--
19					
20	Frontal Area	0	m²		
21	Headwind	0	kn		
22	Drag Coefficient	0			
23	Air density	1,293	kg/m³		
24	Appendage Area	0	m²		
25	Nominal App. length	0	m		
26	Appendage Factor	1			
27					
28	Correlation allowance	0,0004		Calculated	0,0004
29	Kinematic viscosity	0,0000118	m²/s		
30	Water Density	1025,9	kg/m³		

Ilustración 39 Métodos para calcular la resistencia



Una vez configurado el método de Holtrop ya podemos calcular la resistencia al avance en función de la velocidad.

Speed (kn)	Froude LWL	Froude Vol	Resist Holtrop (kN)	Power Holtrop (kW)
0	0	0	--	--
0,675	0,056	0,148	0	0,001
1,35	0,112	0,295	0	0,004
2,025	0,168	0,443	0	0,014
2,7	0,225	0,59	0	0,037
3,375	0,281	0,738	0	0,085
4,05	0,337	0,886	0,1	0,174
4,725	0,393	1,033	0,1	0,283
5,4	0,449	1,181	0,2	0,457
6,075	0,505	1,329	0,2	0,689
6,75	0,562	1,476	0,3	0,992
7,425	0,618	1,624	0,4	1,378
8,1	0,674	1,771	0,4	1,663
8,775	0,73	1,919	0,4	1,881
9,45	0,786	2,067	0,4	2,09
10,125	0,842	2,214	0,4	2,323
10,8	0,898	2,362	0,5	2,593
11,475	0,955	2,51	0,5	2,907
12,15	1,011	2,657	0,5	3,266
12,825	1,067	2,805	0,6	3,671
13,5	1,123	2,952	0,6	4,122
14,175	1,179	3,1	0,6	4,619
14,85	1,235	3,248	0,7	5,165
15,525	1,291	3,395	0,7	5,758
16,2	1,348	3,543	0,8	6,401
16,875	1,404	3,691	0,8	7,094
17,55	1,46	3,838	0,9	7,838
18,225	1,516	3,986	0,9	8,636
18,9	1,572	4,133	1	9,488
19,575	1,628	4,281	1	10,396
20,25	1,685	4,429	1,1	11,361
20,925	1,741	4,576	1,2	12,385
21,6	1,797	4,724	1,2	13,468
22,275	1,853	4,872	1,3	14,614
22,95	1,909	5,019	1,3	15,822
23,625	1,965	5,167	1,4	17,096
24,3	2,021	5,314	1,5	18,435
24,975	2,078	5,462	1,5	19,842
25,65	2,134	5,61	1,6	21,319
26,325	2,19	5,757	1,7	22,867
27	2,246	5,905	1,8	24,487

Ilustración 40 Tabla Resistencia y Potencia

Además de las tablas de valores, es posible generar gráficos de resistencia – velocidad y potencia instalada – velocidad.

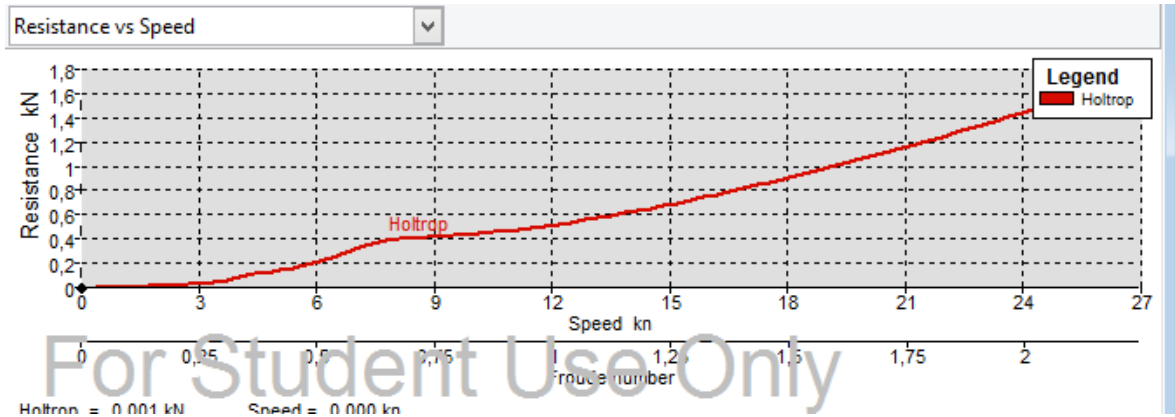


Ilustración 41 Gráfico resistance vs speed

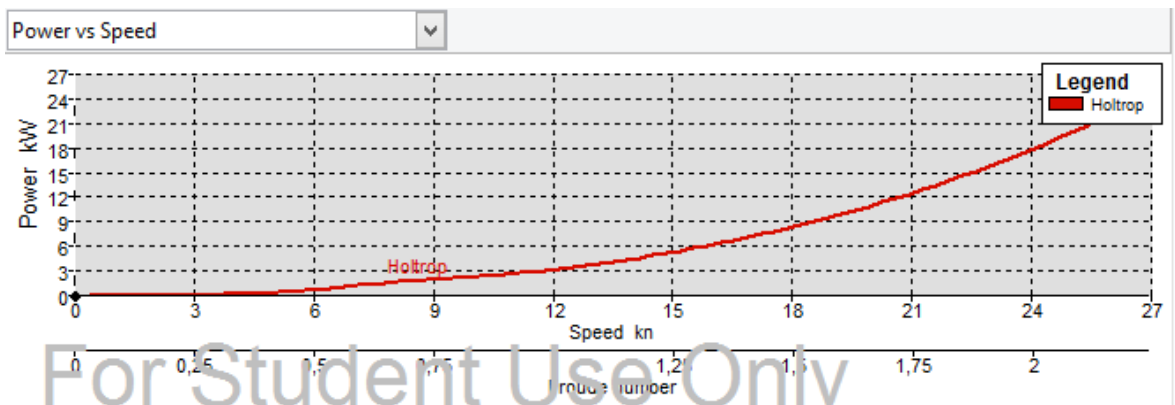


Ilustración 42 Grafico power vs speed

Una vez obtenida todos los datos relevantes, podemos generar una simulación de la estela de olas que creará la embarcación.

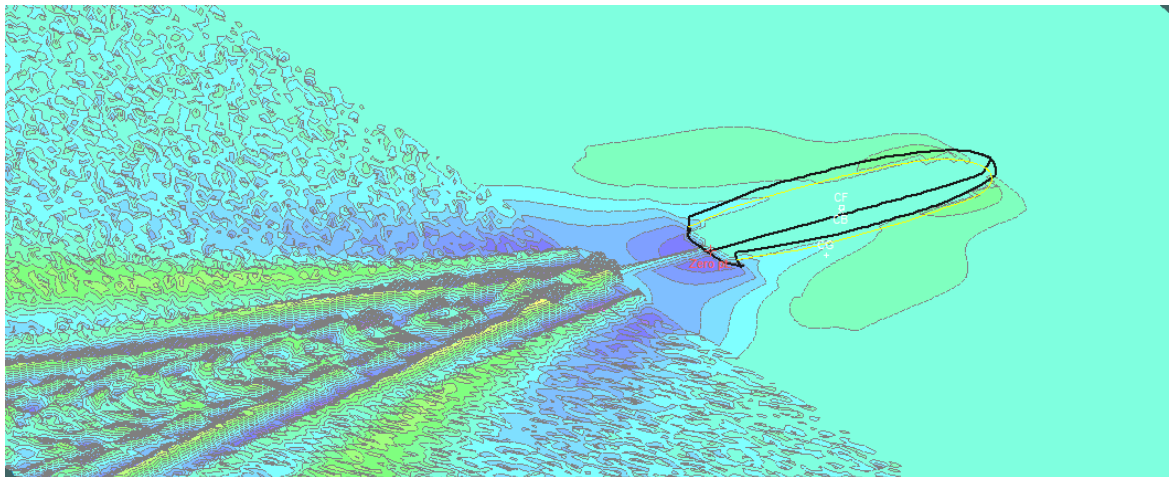


Ilustración 43 Simulación olas



2.2. Valoración de resultados.

Según los datos generados por Maxsurf, podemos sacar las siguientes conclusiones:

- Genera poca resistencia al avance.
- Es muy ligera.
- Con un motor relativamente potente de aproximadamente 5000W podemos obtener velocidades aceptables.

Tras haber realizado los cálculos de resistencia al avance del conjunto formado por la tabla y dos personas (socorrista y persona rescatada), la tabla que he diseñado tiene unas dimensiones muy grandes pero una resistencia al avance baja. Para un rescate marítimo la potencia extra de la embarcación siempre juega a nuestro favor. Es por eso por lo que se ha tomado la decisión de instalar 3 motores eléctricos. Con ello deberemos incorporar un variador de velocidad y dos baterías para cada motor.

Por tanto en total se instalará 3 motores, 6 baterías y 3 variadores de velocidad (ESC).

Con las nuevas incorporaciones (3 motores) adquirimos una potencia total a bordo de aproximadamente 15000W, lo cual nos permitirá navegar a una velocidad bastante elevada, aproximadamente de 23 kn.

2.3. Elección de componentes.

A continuación, quedan reflejados los componentes del mercado seleccionados que mejor se adecuan a los requerimientos de proyecto.

Clarificar que en el apartado (3.0 Costes) del proyecto, se muestran los costes y cantidad necesarios de cada componente.

2.3.1. Motor

En primer lugar, como he nombrado previamente el primer componente necesario para elegir es el motor brushless. Con él hemos de ser capaces de cubrir la demanda eléctrica y vencer holgadamente la resistencia al avance creada por el conjunto tabla y hombre al agua.

Para ello he elegido este motor:

Turnigy aquastar T20 3T 730KV/1280KV Water Cooled Brushless Motor



Ilustración 44 Turnigy aquastar T20 3T 730KV/1280KV Water Cooled Brushless Motor

Las especificaciones son las siguientes:

- Potencia: 5280W
- Voltaje máximo: 41V(3Y), 23V(3D)
- Máx. Amps: 128A(3Y),229A(3D)
- Resistencia: 0,0132 (3Y), 0,0046 (3D)
- KV (RPM/voltios): 730KV (3Y) 1280KV (3D)
- Max RPM: 30000
- Longitud: 102mm
- Diámetro (con aletas): 55,8mm
- Peso: 925g
- Diámetro del eje: 8mm
- Longitud del eje de extensión: 30mm

Para este proyecto he considerado que lo óptimo sería instalar 3 motores, ya que al llevar a cabo un rescate quisiéramos contar con la máxima potencia posible, en primer lugar, porque estamos arrastrando un cuerpo y en segundo lugar, porque en el caso de tener mal tiempo mucho oleaje o mareas que nos arrastren hacia adentro del mar, contemos con la suficiente potencia instalada como para salir de una situación complicada.

Es por esa razón que considero oportuna la inversión de más capital en motores baterías y diferentes componentes para tener mayores recursos en el rescate, a cambio de tener un producto más caro.

Además de ser uno de los motores más potentes del mercado, ofrecen la posibilidad de realizar las conexiones de diferente manera para obtener unas propiedades u otras



en función de nuestro proyecto. Recordemos que este motor es un motor trifásico, sin embargo, se diferencia con el resto de los motores en que estos 3 cables se pueden conectar en forma de Y o en forma de triángulo.

Conexión en triángulo

Cuando realizamos las conexiones del motor en forma de triángulo, conseguimos que el motor gire a más revoluciones por minuto. Además de girar a más revoluciones por minuto, tenemos que saber que el motor consumirá aproximadamente un voltaje de 23 voltios y una intensidad de 229 amperios.

Además, el motor al estar conectado en triángulo tendrá la constante KV en 1280.

Cuando funcione a máximo rendimiento obtendremos lo siguiente:

$$RMP = KV * V = 1280KV * 23V = 29440 rpm$$

Ecuación 4 RPM Conexión en triángulo

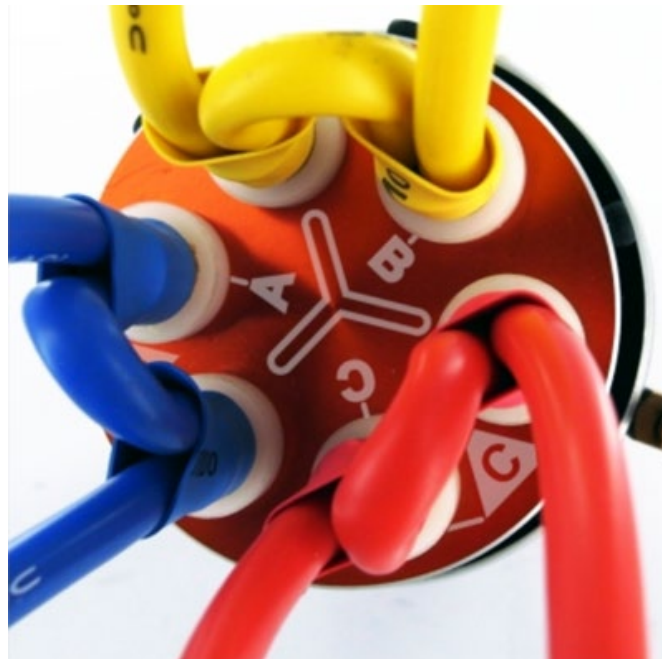


Ilustración 45 Conexión en triángulo

Conexión en estrella

Cuando realizamos la conexión en estrella el motor tendrá unos consumos de 41 voltios y 128 amperios. Como podemos observar la potencia seguirá siendo la misma y producirá 5280 W, sin embargo, podemos comprobar el número de KV disminuye hasta 730 KV.

$$RMP = KV * V = 730KV * 41V = 29930 \text{ rpm}$$

Ecuación 5 RPM Conexión en estrella



Ilustración 46 Conexión en estrella



La siguiente imagen muestra el canal de entrada de nuestro motor por el cual entrará agua marina proveniente del exterior y queda representado con una flecha azul.

Por otro lado, tenemos el orificio de salida y queda representado con una flecha roja, Por esta salida sacaremos el agua con el calor extraído del motor una vez refrigerado para devolverlo al mar.



Ilustración 47 Refrigeración motor

2.3.2. Variador de velocidad (ESC)

Para elegir el variador de velocidad es necesario conocer la intensidad que consumirá el motor eléctrico, para ello consultamos los datos anteriores y sabemos que conectándolo en forma de estrella el consumo más elevado será de 128 amperios. Para que el variador de velocidad trabaje con holgura, no se sobrecargue en ningún momento y soporte los 128 amperios que suministramos al motor. La mejor opción es comprar el variador de velocidad con más capacidad que lo consumido por el motor.

Por tanto, el ESC elegido es el **YEP 180A HV (4~14S) Marine Brushless Speed Controller**

Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

- Max Cont Current: 180A
- Max Burst Current: 200A (for 10 secs)
- Input Voltage: 4~14 cells Li-XX or 12~48 Ni-MH/Ni-Cd battery
- BEC: None (Opto)
- PWM: 8~16khz
- Max RPM: 240,000rpm for 2 Pole Brushless Motor
- Dimensions: L143 x W53 x h30mm
- Weight: 230g (inc wires)



Ilustración 48 YEP 180A HV (4~14S) Marine Brushless Speed Controller

Este ESC nos va a permitir trabajar con gran holgura puesto que es capaz de soportar una corriente continuada de 180 amperios, mientras que el pico del motor estaría en 120 amperios. Con ello conseguiremos que no se caliente tanto, puesto que trabajará un régimen por debajo del máximo. Además soportará alguna sobrecarga de hasta 200 amperios durante 10 segundos.

Como instalaremos una batería de tipo li-po, también se adapta a ellas siempre y cuando sean de 4 a 14 celdas, es decir se adapta a cualquier batería li-po puesto que no hay baterías con más de 14 celdas.

Por otro lado, han de ser compradas 3 unidades de este ESC, una para cada motor.



2.3.3. Batería

Llegados a este punto tras conocer la potencia requerida de nuestro motor pasamos a buscar una batería la cual sea capaz de dar la potencia demandada al voltaje e intensidad necesarios.

Para ello el primer aspecto a tener en cuenta es el número de celdas que ha de tener dicha batería, en este caso según el motor necesitamos una batería capaz de dar 41 Voltios nominal. Por tanto, haciendo el cálculo siguiente sabremos cuantas celdas ha de tener.

$$N^{\circ} \text{ Celdas requerido} = \frac{\text{Voltaje Requerido}}{3.7 \text{ Voltios que tiene una celda}} = \frac{41}{3.7} = 11 \text{ Celdas}$$

Ecuación 6 Cálculo del número de celdas requerido

Una vez hemos calculado el número de celdas que necesita nuestra batería y sabiendo el voltaje que ha de dar:

- 11s = 11 Celdas
- 41 Voltios

Ahora tenemos que encontrar una batería capaz de darnos ambas características además de una corriente nominal de 128 Amperios, que es lo que consume nuestro motor en conexión de estrella.

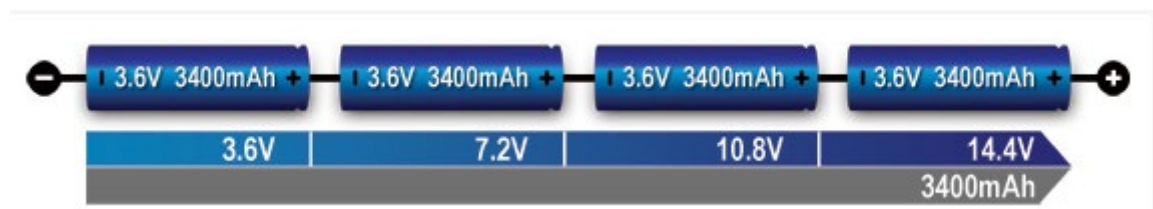
Para ello se ha tomado la decisión de seleccionar esta batería:



Ilustración 49 Turnigy High Capacity 20000mah 6S 12C Lipo Pack w/XT90

Sin embargo, esta batería es capaz de dar 22.2 voltios, es por eso por lo que necesitaremos dos baterías para cada motor colocadas en serie.

Al conectar ambas baterías en serie conseguiremos duplicar los voltajes obteniendo así 44,4 Voltios nominales.



Cuando conectamos baterías en serie obtenemos un mayor voltaje, mientras que mantenemos la intensidad y la capacidad total.

A continuación, realizaré los cálculos para conocer cuanta corriente es capaz de proporcionar las baterías elegidas:

- Capacidad = 20000mah = 20Ah



$$\text{Corriente de descarga nominal} = 20 * 12 = 240A$$

Ecuación 7 Corriente de descarga

El motor como máximo consume 120 A por tanto nos aseguramos de que cubrimos la demanda.

A continuación, calcularemos la autonomía:

$$\text{Autonomía} = \frac{WBateria}{Wmotor} = \frac{240A * 41V}{120A * 41} = 2 \text{ horas}$$

Ecuación 8 Autonomía de batería

Sabemos que la batería es capaz de proporcionar la potencia máxima consumida de éste durante aproximadamente 2 horas.

En todo caso si el motor trabaja por debajo de su potencia máxima conseguiremos aumentar la duración de la batería.

2.3.4. Receptor y emisora.

Antes de elegir el receptor y la emisora es necesario especificar qué cualidades técnicas han de tener para cumplir con el propósito.

En primer lugar, para llevar a cabo el rescate ha de ser de un uso muy fácil puesto que se utilizará en situaciones de estrés y necesitamos facilitar al máximo la operación. Por otro lado, al tener únicamente aceleración o freno no necesitamos de otros comandos para girar. Es por eso por lo que la emisora que mejor se adapta a los requerimientos del proyecto es la mostrada a continuación.



Ilustración 51 Maytech IP68 Waterproof Remote MTSKR1905WF Controller for Esk8/ Esurf/ Efoil

El conjunto de emisora y receptor está certificado por IP 68 el cual permite que se meta en el agua la emisora sin sufrir daños algunos. Como podemos verificar en la imagen, ésta viene con un enganche para la muñeca con un pequeño flotador, el cual hará que flote en el caso de caída de la emisora.

Además, viene muy bien equipada puesto que está adaptada para la modalidad esurf, Nos informa de parámetros muy importantes cómo podrían ser la batería que nos queda en la tabla, el % de potencia utilizada, hasta incluso el número de revoluciones por minuto que llevan los motores.

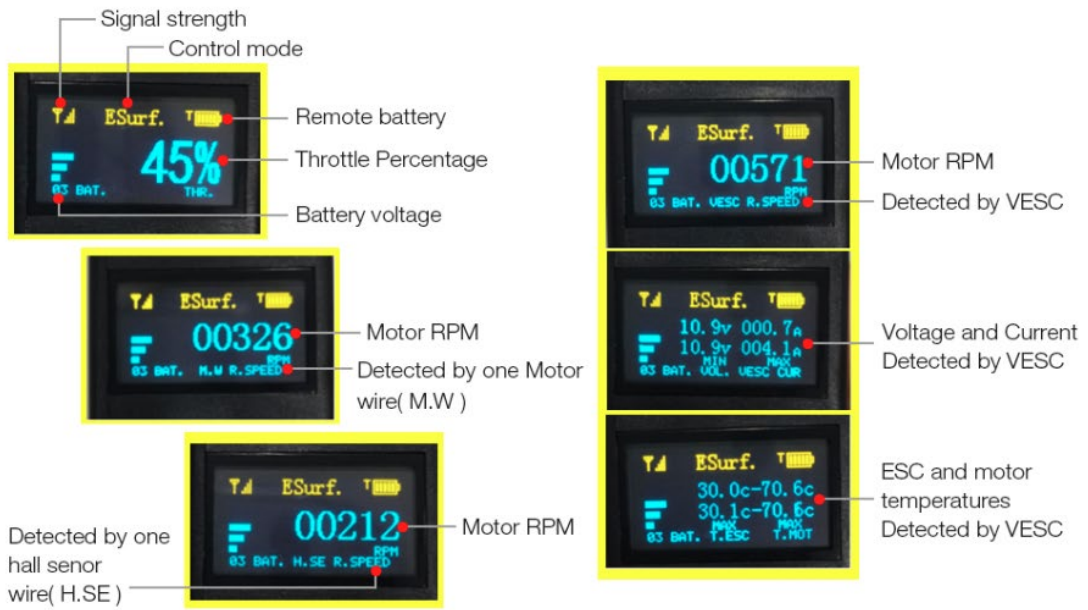


Ilustración 52 Muestreo de la emisora

2.3.5. Water Jet

En cuanto a las unidades de propulsión de wáter jet, he tomado la decisión de comprar los planos a través de internet a un diseñador e imprimirlos en una impresora 3d.

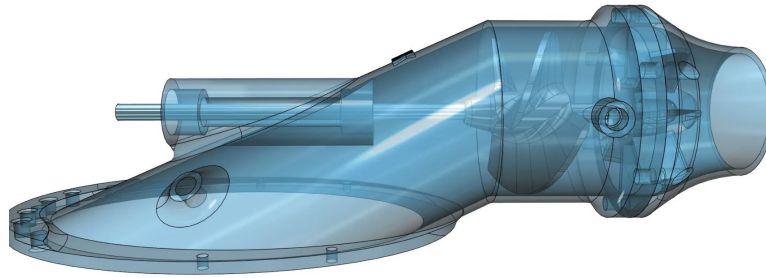


Ilustración 53 Water Jet para imprimir en 3d

Este vendedor nos imprime en 3 dimensiones el water jet y nos incluye tanto el eje como la hélice siguiendo la norma ASTM A600 Grade Type M4. La cual nos aporta algo muy positivo y es que contiene un alto contenido en molibdeno y no se oxidará.

Property	Value
Azufre	0.03 %
Carbono	1.25 - 1.4 %
Cromo	3.75 - 4.75 %
Fósforo	0.03 %
Manganeso	0.15 - 0.4 %
Molibdeno	4.25 - 5.5 %
Silicona	0.2 - 0.45 %
Vanadio	3.75 - 4.5 %
Wolframio	5.25 - 6.5 %

Ilustración 54 Propiedades químicas del material de la hélice y eje.

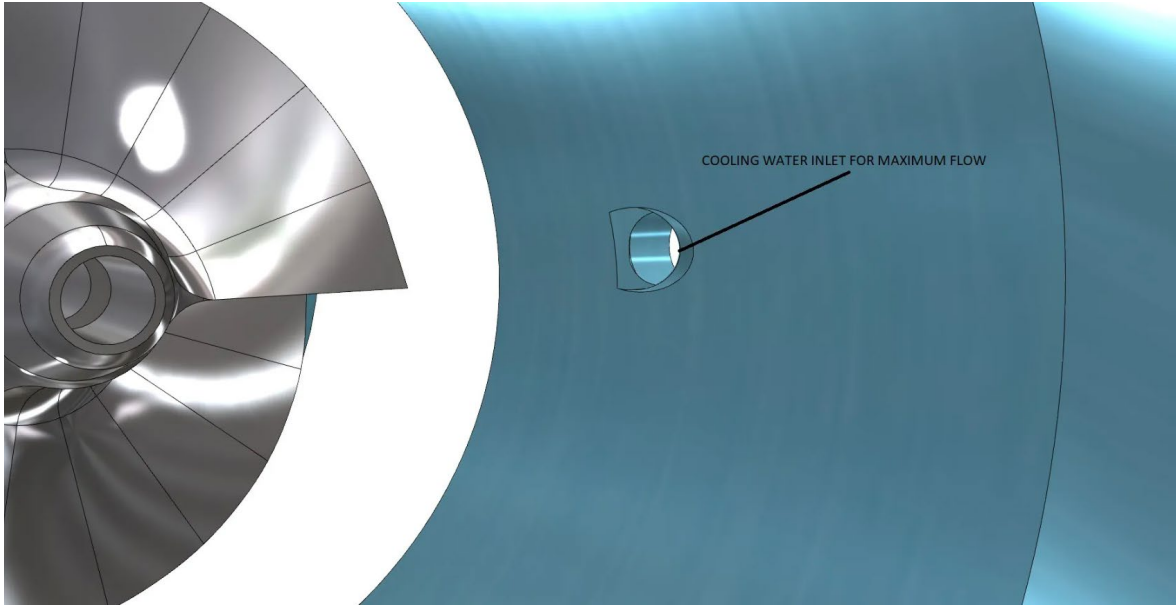


Ilustración 55 Conducto de entrada del agua de refrigeración

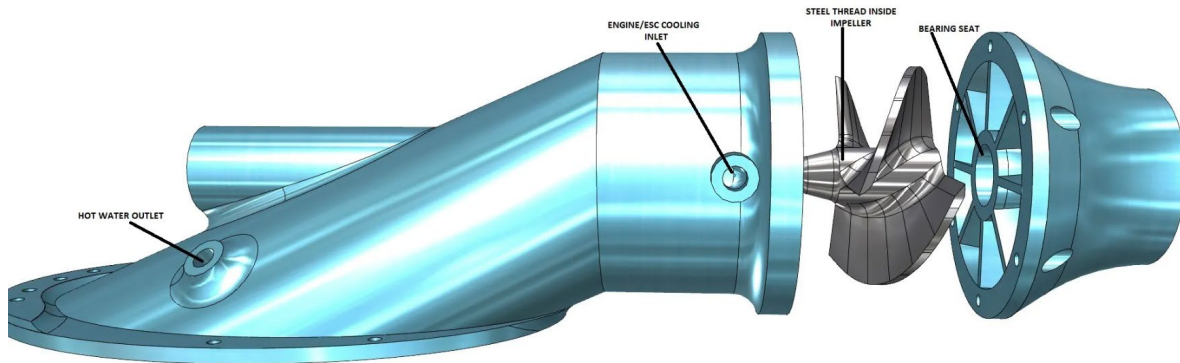


Ilustración 56 Conductor de refrigeración



Ilustración 57 Acabado final de la pieza

2.4. Acople de componentes.

2.4.1. Acople Eje Hélice – Motor



Ilustración 58 Pieza de unión de ejes

2.4.2. Componentes y tabla

Todos los componentes están instalados en una caja la cual se ubica en la popa de nuestra tabla, en ella todos los componentes están atomillados a la caja, ya que contamos con un motor muy potente y necesita estar bien fijado.

Por otro lado, esta caja únicamente tiene una apertura en la parte vertical por la cual tendremos acceso a las componentes, incluidas las baterías. Esta caja está sellada mediante un sistema de fijación con gomas por las cuales no permitimos el paso de agua al interior.

La caja donde estarán todos los componentes ha de estar adherida a la tabla mediante una ranura de unión entre la tabla y la caja.

Las dimensiones que contamos para la caja son de aproximadamente 0,50 m de largo por 0,32 m de ancho.

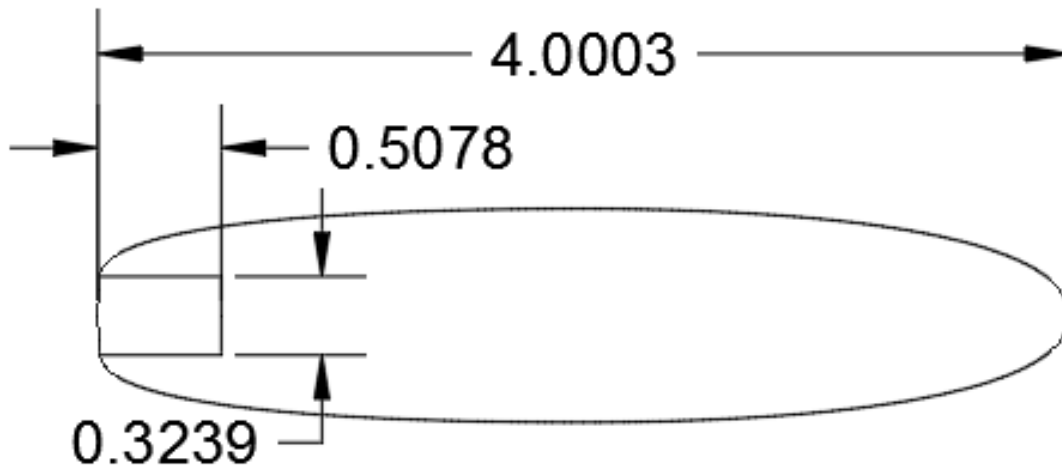


Ilustración 59 Plano con las medidas de la caja en (m)

2.5. Sistemas

2.5.1. Sistema eléctrico

Nuestro sistema eléctrico está formado por conexiones simples. Para obtener el voltaje necesario se han tenido que incluir dos baterías en serie para cada motor, todas las conexiones eléctricas quedan paralelas entre ellas. Tenemos la conexión de 2 baterías en serie conectadas al regulador de velocidad y esté conectado a un motor eléctrico. Este mismo sistema lo tenemos en serie repetido 3 veces puesto que tenemos 3 motores.

A continuación, adjunto el diagrama eléctrico del sistema:

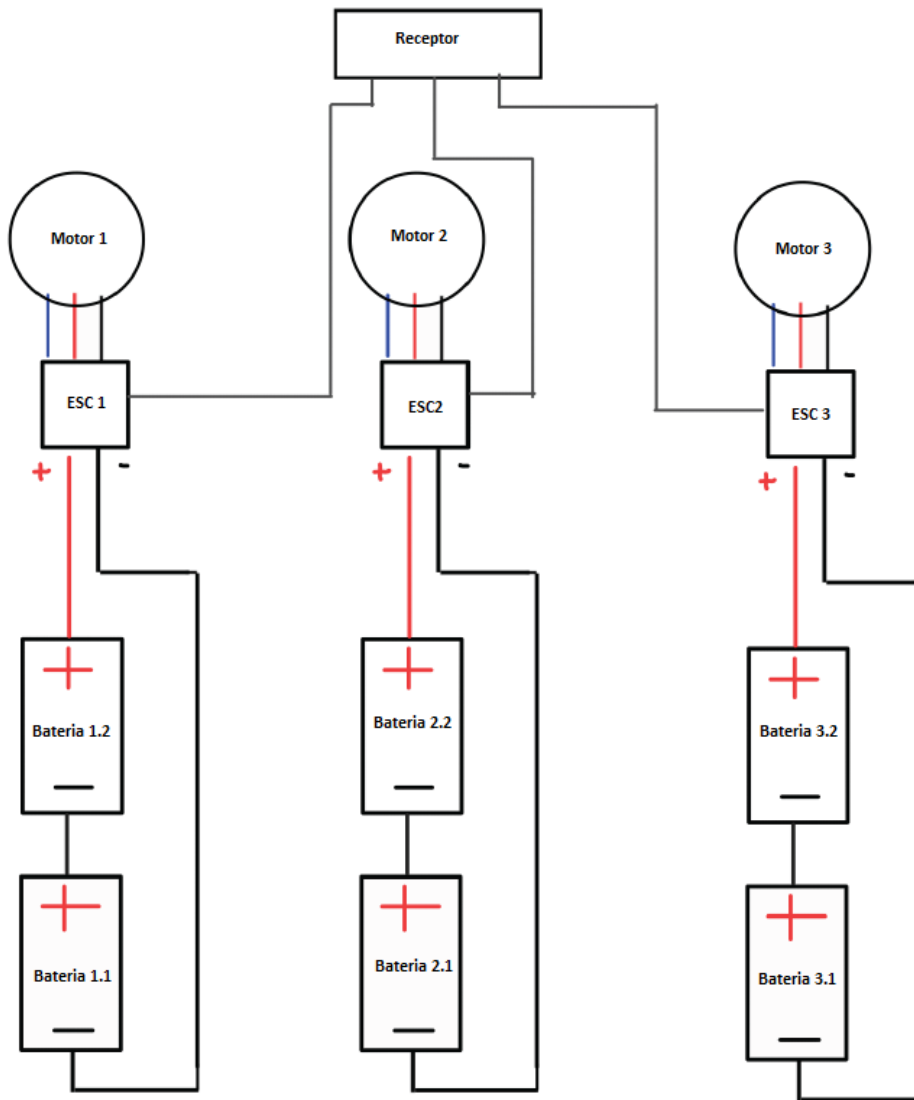


Ilustración 60 Sistema eléctrico

2.5.2. Sistema de refrigeración

Tenemos mucha potencia equipada, es por eso por lo que tanto el motor como el variador de velocidad necesitan refrigeración líquida para tener un funcionamiento óptimo.

Con la refrigeración por agua obtendremos mejores prestaciones, temperaturas inferiores y por supuesto una mayor vida útil de nuestros componentes.



recomendable introducir el equipo en agua dulce para eliminar el exceso de sal que puede quedar acumulado en los conductos.

En el plano mostrado a continuación, se muestra cómo será el circuito de refrigeración para cada motor., Encontramos dos conductos, uno de entrada el cual es proveniente del water jet. Esta introducirá agua fría para refrigerar el variador de velocidad y el motor. Por otro lado, una vez haya extraído el calor de ambos componentes el agua caliente lo devolveremos al mar por el segundo conducto

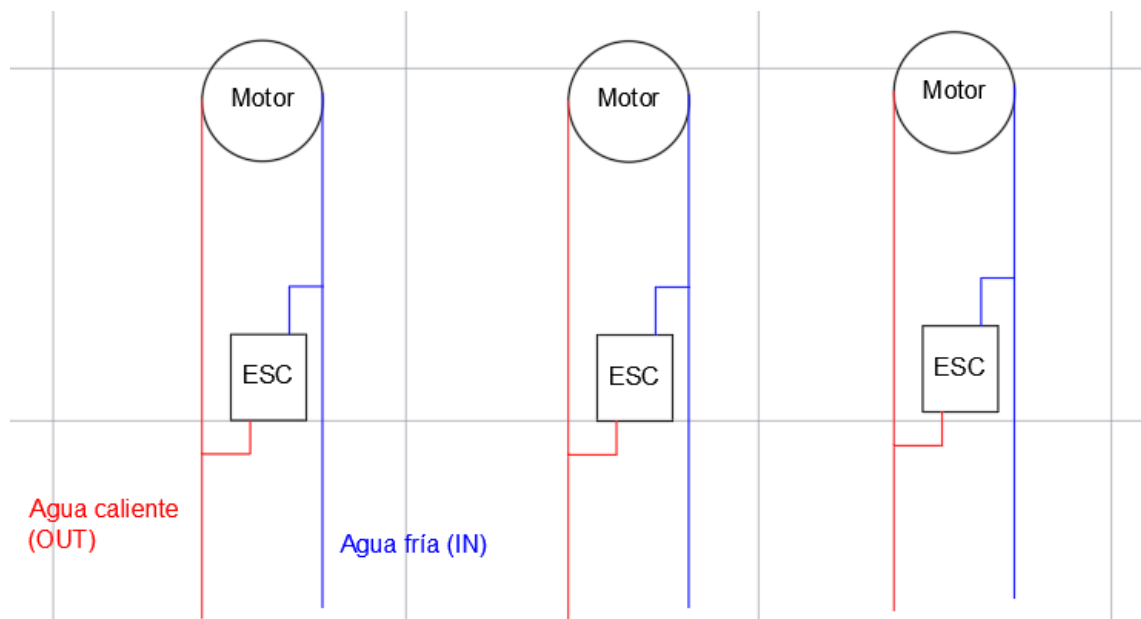


Ilustración 61 Plano refrigeración

2.5.3. Sistema de rescate

Para clarificar el método de hacer el rescate, comentar que tanto el socorrista como la persona que se va a socorrer van ambos subidos en la misma tabla. Es decir, no necesitamos ningún tipo de apéndice a la tabla para socorrer el cuerpo.



3. Post diseño.

2.6. Coste unitario.

Para saber el coste unitario de cada tabla con sus componentes, he generado una tabla de Excel con la cual podremos calcular el precio total que nos costará.

El coste está dividido en dos apartados, en primer lugar, he calculado el coste de la tabla con todos los componentes. Por otro lado, he calculado el precio que costará contratar a una persona para llevar a cabo la mano de obra, es decir el montaje en todos los componentes. Por otro lado, he pedido presupuesto para hacer un envío de un paquete que tiene entre 25 y 50 kg a Buenos Aires capital de Argentina. El envío aproximado es de unos 567 euros.

Como se ha comentado anteriormente, las motos de agua son unos claros competidores sin embargo el precio mínimo de cualquier moto acuática es de aproximadamente 8000 euros. Por tanto, hemos conseguido uno de los objetivos del proyecto, batir el precio de venta de una moto acuática.

COSTES DEL PROYECTO				
Componentes				
Nombre del componente	Nombre Técnico	Unidades	Precio Unitario	Precio total
Motor	Turnigy aquastar T20 3T 730KV/1280KV Water Cooled Brushless Motor	3	108,59 €	325,77 €
ESC	Hobbyking YEF 180A HV (4 ~ 14S) regulador de la velocidad sin escobillas Marina (Opto)	3	192,89 €	578,67 €
Tabla a medida	Fabricante de tablas	1	800,00 €	800,00 €
Baterias	Turnigy High Capacity 20000mAh 6S 12C Lipo Pack w/XT90	6	210,33 €	1.261,98 €
Receptor y emisora	Maytech IP67 Waterproof Remote MTSKR1905WF Controller for Esk8/ Esurf/ Efoil	1	53,00 €	53,00 €
Water jet	Water jet pump unit	3	39,56 €	118,68 €
Acople	Acople eje del motor y eje del water jet	1	17,67 €	17,67 €
Caja estanca	Caja estanca (Componentes IN)	1	13,56 €	13,56 €
Cableado+Gastos extra	Cableado+Gastos extra	1	100,00 €	100,00 €
Precio unitario de tabla + componentes			=	3.269,33 €
Trabajador	Función	Número de horas	Salario por hora	Precio total
Operario	Montaje de Componentes	24	21,00 €	504,00 €
Precio unitario mano de obra			=	504,00 €
Coste total unitario (Componentes + Mano de obra)			3.773,33 €	
Coste Envío Internacional			567,00 €	
COSTE TOTAL			4.340,33 €	

Ilustración 62 Costes unitarios

2.7. Precio de venta al público

Finalmente, al sumar todos los costes obtenemos un coste unitario de aproximadamente 4340,33 €, a este precio hay que sumarle el beneficio que se



pretende obtener por cada unidad vendida y un coste extra que ha añadido a cada unidad para reinvertirlo en tecnología y poder mejorar el proyecto.

Estos desgloses de precios quedan reflejados en la tabla de Excel mostrada a continuación.

Precio de venta				
Numero de Unidades Vendidas	Coste (Comp+ManoObra+Envio)	Beneficio (30%)	Reinversión (10%)	Precio de venta al público
1	4.340,33 €	1.302,10 €	434,03 €	6.076,46 €
2	8.680,66 €	2.604,20 €	868,07 €	12.152,92 €
3	13.020,99 €	3.906,30 €	1.302,10 €	18.229,39 €
4	17.361,32 €	5.208,40 €	1.736,13 €	24.305,85 €
5	21.701,65 €	6.510,50 €	2.170,17 €	30.382,31 €
6	26.041,98 €	7.812,59 €	2.604,20 €	36.458,77 €
7	30.382,31 €	9.114,69 €	3.038,23 €	42.535,23 €
8	34.722,64 €	10.416,79 €	3.472,26 €	48.611,70 €
9	39.062,97 €	11.718,89 €	3.906,30 €	54.688,16 €
10	43.403,30 €	13.020,99 €	4.340,33 €	60.764,62 €

Ilustración 63 Precio de venta al público



4. Conclusiones.

Me gustaría finalizar este proyecto poniendo en común algunas conclusiones.

En primer lugar, quisiera ponerle el verificado a la tarea de ser capaz de diseñar una tabla motorizada para el rescate de personas.

Viendo en retrospectiva este trabajo considero que la idea es buena, es por eso por lo que creo firmemente en la viabilidad de este proyecto puesto que cumple la función a desempeñar de una forma adecuada.

Los componentes elegidos son componentes de calidad, los cuales deduzco que tendrán un correcto funcionamiento a lo largo del tiempo.

Durante todo el trabajo he jugado con unos márgenes bastante holgados, por ejemplo, los materiales de la tabla, los cuales son robustos para soportar las presiones de aire que ha de soportar. A la hora de elegir un motor, con dos motores hubiésemos tenido velocidades suficientes para llevar a cabo el rescate. Sin embargo, he decidido instalar 3 motores para asegurar una potencia más que suficiente.

Un aspecto que mejoraría sería el de prestar más atención a los pequeños detalles como por ejemplo la unión que hay entre la caja que contiene todos los componentes y la tabla. He explicado cómo llevarlo a cabo, pero pienso que si este proyecto se llevase a la práctica daría algún problema probablemente de estanqueidad, puesto que tiene muchos orificios sellados manualmente.

En cuanto a la viabilidad del proyecto, creo que es un proyecto rentable puesto que nos encontramos en un nicho de mercado muy poco explotado, sin embargo, creo que, al contar con márgenes tan grandes, el producto final ha salido con un precio de venta un tanto elevado.

Para finalizar, quisiera expresar la gran satisfacción de realizar este proyecto y haber obtenido unos resultados tan coherentes. Por otro lado, haber sido capaz de desenvolverme, en todas las áreas que intentado de aplicar al proyecto de una manera muy eficaz.

Muchas gracias por tu tiempo.



Bibliografía

- _ W. [sdooliva]. (2019, junio 21). COMO HACER BATERÍAS LIPO. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?V=tmsjof-5wx>
- ▷ Paddle Surf Foil - Qué es y porque tiene tanto éxito - [Actualizado 2021]. (2020, octubre 31). Paddlesurf PRO. <https://paddlesurf.pro/paddle-surf-foil/>
- Batería Lipo. (s. F.). Modeltronic.es. Recuperado 9 de junio de 2022, de <http://www.modeltronic.es/bateria-lipo-cargadores-c-58.html>
- Bibliotècnica. (s. F.). Upc.edu. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://bibliotecnica.upc.edu/>
- Cómo funciona un motor eléctrico. (2020, octubre 12). Aula21 | Formación para la Industria; aula21. <https://www.cursosaula21.com/como-funciona-un-motor-electrico/>
- Comprar Motores Trifasicos online. (s. F.). Motores-electricos.es. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://www.motores-electricos.es/es/5-motores-trifasicos>
- De Docunecta, E. (2020, diciembre 3). Qué es la gestión de proyectos: metodología y herramientas. Docunecta.com. <https://www.docunecta.com/blog/que-es-la-gestion-de-proyectos>
- Distribución de Poder. (s. F.). Hobbyking. Recuperado 9 de junio de 2022, de https://hobbyking.com/es_es/power-systems/power-distribution.html
- El Hydrofoil la próxima revolución - olasyvientos - Deportes Acción y Aventura. (2020, marzo 2). Olasyvientos - Deportes Acción y Aventura. <https://olasyvientos.uy/2020/03/02/el-hydrofoil-la-proximo-revolucion/>



- Electronel [Electronel77]. (2020a, diciembre 8). Cargador De Batería 12V Con Regulador 7812 - Diseño Diagrama. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?V=9fqvy5orb2o>
- Electronel [Electronel77]. (2020b, diciembre 29). Tiempo De Descarga De Una Batería - Como Saber La Vida Útil. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?V=pzrnnvztmaq>
- Electrónica y Programación, C. [uckjazkmly4jl9mlk6anbzlq]. (2018, octubre 7). COMO CALCULAR LA DURACIÓN DE UNA BATERÍA CONECTADA A UN CIRCUITO. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?V=6zmrxydkik>
- EMBARCACIONES RC. (s. F.). Imbersonic.com. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://imbersonic.com/227-embarcaciones-rc>
- Máquinas, software, bombas, cabezales de corte - Flow Waterjet. (s. F.). Flowwaterjet.es. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://www.flowwaterjet.es/>
- Motor eléctrico trifásico asíncrono 2,2Kw 3CV HP 230/400 Brida B3 Patas 1500 4 polos. (s. F.). ADAJUSA. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://adajusa.es/es/motores-electricos-trifasicos-1500-rpm-brid-a-b3-patas-carcasa-aluminio/714-motor-trifasico-22kw-3cv-230400v-1500-rpm-brid-a-b3-patas-8435532807148.html>
- Motores Eléctricos. (s. F.). Suministointec.com. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://suministointec.com/1803001-motores-electricos>
- Potencia. (s. F.). Wiktionary.org. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://es.wiktionary.org/wiki/potencia>
- Qué debes conocer de las baterías lipo. (2020, julio 1). Dron Profesional; dronprofesional.com. <https://dronprofesional.com/blog/que-debes-conocer-de-las-baterias-lipo/>



- Qué es y qué hace un Variador de Frecuencia. (2019, septiembre 9). Aula21 | Formación para la Industria; aula21. <https://www.cursosaula21.com/que-es-variador-de-frecuencia/>
- Receptor RC 2.4Ghz 3 Canales FSS. (s. F.). Turbohobby.com, radio control y patinetes eléctricos al mejor precio. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://turbohobby.com/receptor-rc-24ghz-3-canales-fssgt3-p-11650.html>
- Receptores Emisoras Radio Control. (s. F.). Turbohobby.com. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://turbohobby.com/receptores-emisoras-rc-c-2372290/>
- Salida Turnigy Multistar Doble 5/10 Amp (6-50V) SBEC para Lipoly. (s. F.). Hobbyking. Recuperado 9 de junio de 2022, de https://hobbyking.com/es_es/turnigy-multistar-twin-output-5-10-amp-6-50v-sbec-for-lipoly.html?Queryid=0e47ff06efa49e4c2467bda4aa0b5dce&objectid=15357&indexname=hbk_live_products_analytics
- Stability. (2020, mayo 6). MAXSURF. <https://maxsurf.net/stability>
- Tecnología - esea - Tecnología de propulsión. (2019, mayo 29). Esea - Tecnología de propulsión; esea -tecnologías de propulsión S.L. <https://electric-sea.com/tecnologia/>
- Toalti, R. C. [toaltirc]. (2021, abril 7). BATERIAS LIPO en 2022 Todo lo que debes saber . Youtube. <https://www.youtube.com/watch?V=swhjzfbqhxc>
- Trabajos de fin de estudios de la UPC. (s. F.). Upc.edu. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://biblioteca.upc.edu/es/colleccions/treballs-fi-estudis-upc>
- Trackstar anual orientado aprobó 1 / 10o de la Clase sin escobillas ESC y Combo Motor (17.5T). (s. F.). Hobbyking. Recuperado 9 de junio de 2022, de https://hobbyking.com/es_es/trackstar-roar-approved-17-5t-1-10th-stock-class-brushless-esc-and-motor-combo.html?Queryid=7853f8a0873ca7e1210b50533dcfd2e5&objectid=47232&indexname=hbk_live_products_analytics



- Turnigy High Quality 20AWG Silicone Wire 15m (Black). (s. F.). Hobbyking. Recuperado 9 de junio de 2022, de https://hobbyking.com/es_es/turnigy-high-quality-20awg-silicone-wire-15m-black.html
- Water jet pump propulsion unit 80mm. (s. F.). Cults. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://cults3d.com/en/3d-model/gadget/water-jet-propulsion-unit-hamilton-water-jet-thruster-jet-x>
- Wikipedia contributors. (s. F.-a). Circuito RC. Wikipedia, The Free Encyclopedia. https://es.wikipedia.org/w/index.php?Title=Circuito_RC&oldid=140909440
- Wikipedia contributors. (s. F.-b). Energía eléctrica. Wikipedia, The Free Encyclopedia. https://es.wikipedia.org/w/index.php?Title=Energ%C3%ada_el%C3%a9ctrica&oldid=143978816
- Wikipedia contributors. (s. F.-c). Estator. Wikipedia, The Free Encyclopedia. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?Title=Estator&oldid=143214866>
- Wikipedia contributors. (s. F.-d). Máquina eléctrica. Wikipedia, The Free Encyclopedia. https://es.wikipedia.org/w/index.php?Title=M%C3%a1quina_el%C3%a9ctrica&oldid=143027241
- Wikipedia contributors. (s. F.-e). Motor eléctrico. Wikipedia, The Free Encyclopedia. https://es.wikipedia.org/w/index.php?Title=Motor_el%C3%a9ctrico&oldid=142317466
- Windows Version 12. (s. F.). Kashti.ir. Recuperado 9 de junio de 2022, de <http://kashti.ir/files/ENBOOKS/MAXSURF%20MANUAL.pdf>
- (S. F.). Ebay.es. Recuperado 9 de junio de 2022, de https://www.ebay.es/b/Receptores-y-transmisores-para-vehiculos-de-radiocontrol/40703/bn_16586515

