

DISEÑO MECÁNICO DE UN AERODESLIZADOR MONOPLAZA*

Ricardo Yañez-Valdez[†] Édgar Ramírez Císneros[‡] Carlos Vidal Ceballos[§]

Rodrigo Vivas Maldonado[¶] Sergio A. Pérez González^{||}

Facultad de Ingeniería, DIMEI-UNAM.

ABSTRACT

El objetivo principal de este proyecto consiste en diseñar y construir un vehículo aerodeslizador monoplaza. Se parte del conocimiento histórico y de los principios de funcionamiento básicos. Se hace una revisión de antecedentes y el de un marco teórico. Se aplica un proceso de diseño mecánico como guía para el diseño partiendo desde las especificaciones hasta la construcción de un prototipo funcional. A lo largo del escrito se describe el proceso realizado para el diseño propuesto hasta llegar a un producto final.

Palabras Clave- Aerodeslizador, Diseño mecánico, Prototipo funcional.

I. INTRODUCCIÓN

El primer registro de un vehículo que puede llamarse aerodeslizador, pertenece a Emmanuel Swedenborg (filósofo y teólogo sueco). Su teoría consistía en reducir la fuerza de arrastre ejercida por el agua sobre el casco de los barcos, productos de la suma de los efectos de fricción y viscosidad. La idea era inyectar aire comprimido entre el agua y la superficie del barco. En 1716 proyectó una máquina que se asemeja a un bote volcado, en donde el tripulante se situaba en una abertura hecha en el centro y accionaba manualmente un par de remos, que al moverse hacia abajo, comprimían el aire y con ellos se elevaba el vehículo. Esto no podía llevarse a la realidad por la fuerza humana que necesita.

*Este es un documento que resume la experiencia adquirida por estudiantes de la FI en la aplicación del proceso de diseño mecánico, como parte de un proyecto final de la materia de diseño de elementos de máquinas impartida en el semestre 2018-1.

[†]Profesor de la Facultad de Ingeniería de la DIMEI-UNAM. (*ryv77@unam.mx*).

[‡]Estudiante de la carrera de Ing. Mecatrónica FI-UNAM. (*ramirez-cisneros-edgar-e@hotmail.com*)

[§]Estudiante de la carrera de Ing. Mecatrónica FI-UNAM. (*solracladiv@gmail.com*)

[¶]Estudiante de la carrera de Ing. Mecatrónica FI-UNAM. (*rodrigo.vivas.25@hotmail.com*)

^{||}Estudiante de la carrera de Ing. Mecánica FI-UNAM. (*sergio.aleandro.pg@gmail.com*)

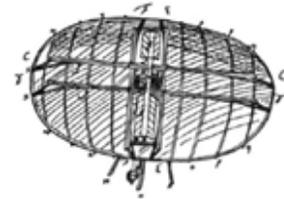


Fig. 1. Máquina de Swedenborg.

El lugar de honor en la historia del vehículo del colchón de aire se atribuye a Christopher Cockerell que fue quien, a mediados de los años 50, propuso una solución para los vehículos de este tipo. Su idea era utilizar un colchón de aire para suspender el vehículo permitiéndole moverse sobre cualquier superficie; para el caso de agua, eliminando la generación de olas por el contacto entre el vehículo y la superficie. Cockerell construyó un prototipo usando un secador y dos latas de café para realizar un experimento probando su idea. Hizo incidir el chorro de aire de un secador de pelo sobre una balanza, luego construyó un difusor de aire formado por una lata de café, dentro de una lata de mayor diámetro y conectó dicho difusor al secador haciéndolo incidir sobre la balanza. La balanza midió la cantidad de empuje del aire y se determinó que con las latas concéntricas, en donde el aire sale por los bordes en una fina cortina, se logró obtener más empuje que cuando se impulsaba aire directamente desde el secador de pelo.

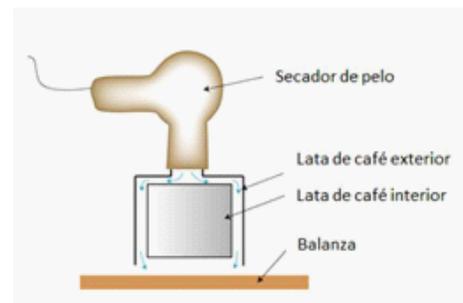


Fig. 2. Prototipo de Christopher Cockerell.

Cockerell, además de descubrir el principio conocido como Chorro Periférico, inventó el nombre Hovercraft para describir al vehículo que se puede desplazar por agua y tierra. Con dicho experimento conveció al ministerio Británico de suministro que su idea era factible y en 1956 patentó la idea de un vehículo de colchón de aire.

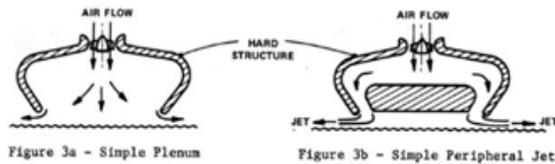


Fig. 3. Flujo simple y periférico.

DESARROLLO EN DIFERENTES PAÍSES

- Gran Bretaña

País pionero en el desarrollo de aerodeslizadores, gracias a la empresa Saunders-Roe, apoyando a Sir Cockerell en sus investigaciones para el desarrollo de sus modelos, siendo el primer aerodeslizador el SR-N1.

Posteriormente, debido a defectos, se desarrollaron en pocos años el SR-N2 y SR-N3, siendo estos el paso previo para su mayor logro, el SR-N4, el aerodeslizador anfíbio comercial más grande del mundo.

En 1966 se une Vickers con Saunders Roe, para formar Brithis Hovercraft Corporation, desarrollando con gran éxito vehículos para aplicaciones militares.

Actualmente la Marina Real Británica usa el modelo Griffon como vehículo de patrullaje.

- China

En 1957 por Harbin Shipbuilding Engineering Corporation Institute, comenzó el desarrollo de estos vehículos. Logrando desarrollar un modelo que viajara a 50 km/h durante las pruebas en 1959.

En 1965 desarrollaron el Jin Sah River, primer Surface Effect Ship (SES,) comercial hecho en China, capaz de transportar entre 70 y 80 pasajeros.

Actualmente el más exitoso es el SES WD-901, debido al bajo costo de operación y el éxito en transporte de pasajeros en pequeños ríos.

- USA

Uso de hovercraft exclusivamete militar, aunque en los últimos tiempos se a hecho para uso recreacional.

Creo el "Programa de Vehículos para Desembarco basado en Colchón de Aire", Se construyeron 2 modelos, JEFF A y JEFF B, siendo el último la base del programa.

Actualmente la marina posee el LCAC, uno de los hovercraft más largo del mundo, capaz de transportar vehículos blindados.

- Rusia

Uso principalmente militar y para exploraciones petroleras.

Desarrollo de más de 200 hovercraft tipo SES y más de 200 ACV.

Se construyeron más de 1000 plataformas de colchón de aire, para sotener torres en zonas pantanosas. Siendo el modelo más destacado para estas plataformas el BU-75-VP.

Poseen el hovercraft (Pormornick) anfíbio de desembarco militar más grande del mundo.

- Actualidad

Prestan servicio en todo el mundo, para uso civil o militar. Utilizados como transbordadores, como herramientas de trabajo, de auxilio e incluso como desembarco de tropas militares.

Actualmente hay más empresas especializadas en la fabricación de éstos utilizando técnicas de construcción a nivel profesional.

- – Aerodeslizadores Chile

Pioneros e innovadores, con más de 10 años de experiencia en el desarrollo. Armadores, fabricantes e importadores exclusivos de piezas y partes de aerodeslizadores.

- – Argos Hover-Systems

Especializastas en diseño y construcción de aerodeslizadores. Con especial desarrollo en disponer un sistema de sustentación que ofreciese, ante todo, gran estabilidad para poder soportar condiciones operativas muy adversas. Su sistema es denominado D.A.T.A, basado en quilla flexible que divide longitudinalmente el colchón de aire y dirige el caudal de sustentación hacia el lado que el hovercraft escora, cerrando paso hacia el costado levantado. Generando un aumento considerable en la diferencia de presiones entre ambas cámaras del colchón.

También ha aumentado su construcción con fines recreativos y competitivos. Alcanzando velocidades en competiciones superiores a $150 \frac{km}{h}$.

CLASIFICACIÓN DE LOS HOVERCRAFT

- ACV (Aerodeslizadores Anfíbios): Estos se suspenden totalmetne gracias a su colchón de aire, a través de una cortina de aire o un sistema de falda flexible alrededor de su perímetro. Tiene desplazamiento por agua o por tierra. El colchón de aire se genera a partir de ventiladores.

- SES (Aerodeslizadores de paredes en los costados): Son catamaranes basados en cascos laterales de bajo desplazamiento y estructuras flexibles de proa y popa. Reemplaza la falda flexible por un sello en la proa y la popa usando paredes laterales. Dada que la presión es retenida entre ambos cascos laterales, eleva la embarcación reduciendo la resistencia a través del agua. Comparados con los ACV, la potencia puede verse reducida significativamente, debido a la ausencia de vías de aire en los costados.

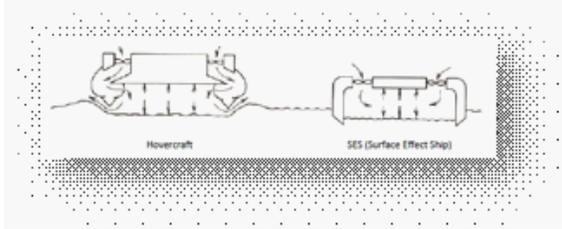


Fig. 4. Diferencia entre Hovercraft ACV y SES.

II. OBJETIVO.

Diseñar y construir un vehículo aerodeslizador monoplaza.

III. CARACTERÍSTICAS

ESPECIFICACIONES

- Largo: 2.50 m.
- Alto: 1.30 m.
- Ancho: 1.00 m.
- Velocidad máxima de 20 $\frac{km}{h}$
- Diámetro del ventilador: 70 cm.
- Respaldo del asiento con 50 cm de altura.
- Elevación máxima: 2 mm
- Soportar como máximo 200 kg

REQUERIMIENTOS

- De fácil manejo.
- Sencillo de limpiar.
- Seguro y confortable.

FUNCIONES

- Transportar a un tripulante.

IV. MARCO TEÓRICO

DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN DE AIRE

El principio fundamental para poder desarrollar este tipo de vehículos es el concepto de diferencia de presiones para que pueda suspenderse en el aire. Para que esto sea posible, se necesita que la fuerza de suspensión del hovercraft sea lo suficientemente grande para vencer la presión atmosférica.

De principios de física, se sabe que;

$$p_c = \frac{F_i}{A_i} \quad (1)$$

P_c Presión de colchón de aire, que es la diferencia de presiones entre la generada y la atmosférica.

F_i Fuerza de suspensión.

A_i Área inferior del vehículo.

Debe considerarse que el vehículo cuenta con un peso propio, incluyendo el peso de carga (personas y objetos), por lo tanto, la fuerza de suspensión (F_s) deberá soportar el peso total del vehículo (W_s) en operación, generando así un equilibrio estático definido con la siguiente ecuación:

$$F_s = W_s * g \quad (2)$$

F_s Fuerza de suspensión

W_s Peso total del Vehículo

g Gravedad

DETERMINACIÓN DEL CAUDAL

Otro de los factores a considerar es el aire que genera el sistema de sustentación (Q_s), pues del caudal depende la altura del colchón, y este es el parámetro que evita la fricción entre la superficie inferior del aerodeslizador y la superficie por la cual se desplaza. Para poder calcular dicho factor se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_s = V_s * A_s \quad (3)$$

V_s Velocidad de salida del chorro de aire

A_s Área de salida del chorro de aire

El valor del área de salida del chorro (A_s) dependerá de la altura del colchón de aire y de la eslora y la manga de dicho colchón, entonces se hará uso de la siguiente ecuación:

$$A_s = h(2L + 2B) \quad (4)$$

L Eslora del colchón del aire (largo)

B Manga del colchón (ancho)

h Altura del colchón de aire

Para poder calcular la velocidad de salida del aire, se recurre a la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P - P_{atm}}{\rho} + g(z_f - z_i) + \frac{v_f^2 - v_i^2}{2} = 0 \quad (5)$$

P Presión

P_{atm} Presión atmosférica

g Gravedad

Z Altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia

V Velocidad del fluido

Sabiendo que las alturas geodésicas son igual a 0 y que el aire tomado para el funcionamiento del vehículo parte del reposo, la ecuación puede reducirse de la siguiente manera;

$$V_s = \sqrt{\frac{2 * P_c}{\rho}} \quad (6)$$

V_s Velocidad del aire

P_c Presión del colchón de aire

ρ densidad del aire

SISTEMA DE PROPULSIÓN

Para poder dar un movimiento transversal, el hovercraft contará con un sistema de propulsión que creará un empuje y hará que el vehículo se mueva. Para poder calcular dicha fuerza de empuje se utiliza la siguiente expresión:

$$F_p = \frac{A_t * \rho_a * V_v^2 * C_D}{2} \quad (7)$$

F_p fuerza de arrastre del aerodeslizador

A_t Área transversal del vehículo

ρ_a Densidad del aire

V_v Velocidad del desplazamiento

C_d Coeficiente de arrastre del vehículo

V. MATERIALES, PRUEBAS Y RESULTADOS

MATERIALES Y COMPONENTES A UTILIZAR

- Aluminio 1060
- Motores Quantum XM 55 de 6 H.P. Briggs and Stratton
- Hélices
- Fibra de vidrio
- Lona de Rafia

FUNCIONAMIENTO DEL HOVERCRAFT

La función del Hovercraft es transportar a un tripulante al suspenderse gracias a un colchón de aire, para lo cual se debe contar con ciertos componentes y cumplir con algunas características para lograr un funcionamiento correcto.

El colchón de aire servirá como soporte del vehículo, y logrará inflarse con ayuda de uno o más motores con hélices

colocados a bordo. El encendido de los motores permitirá inflar la bolsa, y por lo tanto, suspender el vehículo cuando se desee, así como también lograr un aterrizaje al apagar los mismos.

Mientras que uno de los motores servirá para cumplir la función de suspensión, el otro motor será el encargado para cumplir la función de desplazamiento.

ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO

También llamada chasis o base del aerodeslizador, tiene la función de soportar todos los componentes del mismo, así como el peso del tripulante mismo, razón por la cual es necesario elegir un material adecuado para soportar el peso completo. Se alojarán los motores, los ventiladores, el colchón de aire (falda) el asiento para el tripulante y el tripulante mismo.

FALDA

La falda (la cual se utilizará para formar el colchón de aire) debe de ser un material lo bastante flexible y grande, como se muestra en la figura 5, para rodear la estructura. Específicamente, la falda, es la parte donde el aire es alimentado gracias al motor con hélice, creando así una forma adecuada para el direccionamiento de la salida del flujo de aire por debajo de la estructura de manera homogénea. Dicha falda es la que nos permite aumentar la altura de elevación.

Cuando se enciende el vehículo, uno de los motores con hélice produce aire y lo introduce dentro de la falda para empezar a llenarla; el espacio entre la base y la superficie, aumentará, es decir, empezará a elevarse. El aire dentro de la falda provoca un aumento de la presión debajo de la base hasta llegar a ser suficiente para levantar todo el peso del vehículo. Para selección de la falda se debe de considerar el terreno en el que se va a utilizar el vehículo, además de que debe ser un material ligero y flexible para poder garantizar una vida útil y larga.



Fig. 5. Falda.

MOTORES

Ya que el vehículo requiere de cierta potencia para desplazarse, es completamente necesario incluir motores que lo ayuden a generar esa potencia para mover todos los elementos dentro del vehículo. Estos motores serán los utilizados para el sistema de sustentación como para el de propulsión. Pueden utilizarse motores eléctricos o motores de combustión.

Para generar el flujo de aire se utilizan hélices que van ancladas a los motores.



Fig. 6 Motor Quantum XM 55.

ENCENDIDO DE LOS MOTORES

Para poder encender el motor encargado de la sustentación del vehículo, se tendrá un sistema de encendido con platinos y condensador, es decir, sistemas que cuentan con contactos que ayudan a abrir o cerrar el circuito. Este tipo de encendido ayuda a llegar a una batería que irá conectada hacia los motores, y esta última ayudará a que se produzca la chispa dentro de los motores, que, junto con las bujías, pondrán en marcha los motores.

Si se desea controlar la velocidad para el sistema de propulsión, se puede agregar un regulador que permita variar qué tanto avanzará el motor.

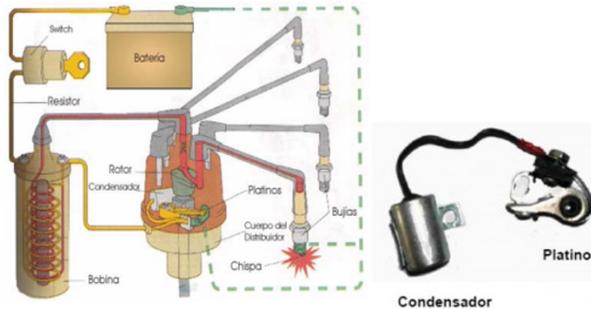


Fig. 7. Partes de un sistema de encendido con platinos y condensador.

DISEÑO DEL VEHÍCULO

Al iniciar, el diseño del vehículo se propuso el uso de un Acero AISI 1020 para el soporte de todos los elementos del aerodeslizador, y con la realización de los cálculos correspondientes se obtuvo una masa total de 229.11 kg.

Posteriormente, se realizó una iteración de material con Aluminio 1060, y calcular si con dicho material se podría soportar todo el peso y así poder utilizar un material más ligero. Dados los resultados al comparar los materiales utilizados (vea la tabla 1), se eligió como material para manufactura el Aluminio 1060, ya que proporciona la ligereza y la resistencia necesaria para garantizar la durabilidad y funcionalidad del vehículo. La masa del vehículo usando aluminio es de 145.72 kg.

Tabla 1. Comparación entre acero y aluminio.

Propiedad	Acero	Aluminio
Peso	229.11 kg	145.72 kg
S_{ut}	470 MPa	69 MPa

Otra opción sería utilizar fibra de carbono debido a su alta resistencia mecánica, sin embargo, para obtener un factor de seguridad más grande, se dejará el Aluminio como el material de manufactura para el vehículo.

Para lograr que el vehículo se sustente en el aire, se utilizará un colchón de aire (hecho de Rafia) en cual pasará el flujo de aire, generado por uno de los motores con sus hélices, para que se logre una presión capaz de levantar todo el peso del vehículo.

El material elegido para el colchón de aire (también llamado falda) es Rafia, entre sus características se encuentra la resistencia y la durabilidad. Propiedades muy importantes en el diseño del vehículo ya que se estará en contacto con la superficie o suelo y ayudará a reducir daños como lo son los cortes.

La carcasa en donde se montarán todos los motores y demás elementos fue diseñada mediante curvas simples en la parte delantera, el cual proporcionan cierto rendimiento aerodinámico, haciendo que su forma corte el aire al momento de avanzar.

Se estima que para el sistema de sustentación del Hovercraft, se podrían utilizar dos motores Quantum XM 55 de 6 hp Briggs and Stratton porque con los cálculos que se realizaron, se determinó que la potencia necesaria del motor para poder levantar todo el peso sería de 5.407 hp con una carga de 200 kg.

Para el sistema de empuje, se propone utilizar el mismo motor de 6 hp y así de esta forma reducir costos.

Ya que se tienen seleccionados los motores, se debe de elegir la manera en que se van a ubicar los motores en los ductos de aire, y ya que requiere que estén totalmente centrados en el ducto, se deben de hacer consideraciones de la estructura que lo soportará. La estructura no debe impedir el paso del flujo de aire, ya que implicaría fallas en el funcionamiento,

además, la estructura debe ser de un material resistente para que pueda soportar el peso del motor y las vibraciones generadas.

Para construir la estructura se ha elegido utilizar pletinas también de aluminio, las cuales irán unidas al motor por medio de tornillos.

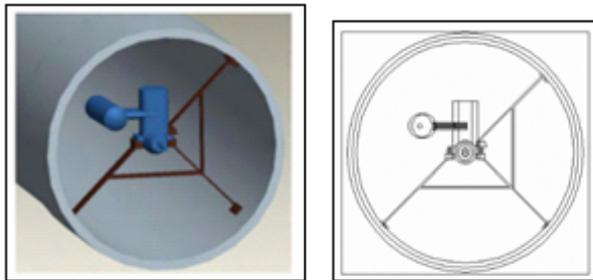


Fig. 8. Estructuras de soporte para los motores.

El colchón tendrá cierta cantidad de aire dentro de sí mismo, el cual tendrá la presión necesaria para levantar todo el aerodeslizador. Este colchón tendrá también pequeñas aberturas que le permitirán liberar cierta presión y cierto aire para evitar que el colchón almacene aire de más.

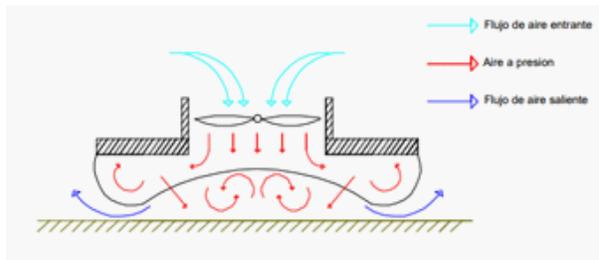


Fig. 9. Flujo de aire en la bolsa.

Se incluirán dos ductos, donde irán montados los motores, también diseñados de aluminio con el fin de que el aire producido por los dos motores y hélices tenga una menor pérdida en su trayectoria hacia la bolsa.

Es claro que el vehículo debe de tener un sistema que le permita cambiar de dirección, por lo que se utilizarán unas aletas en la parte trasera del ducto hecho para el motor con hélices de propulsión, el cual se encuentra en la parte trasera del aerodeslizador.

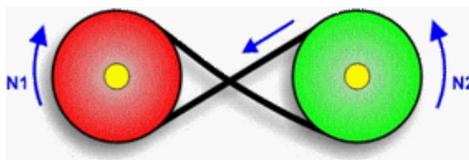


Fig. 10. Sistema de poleas.

El mecanismo que se ideó para esta función, consta de dos aletas, las cuales, por medio de un mecanismo el cual utiliza el principio de funcionamiento de un sistema de poleas invertido, cambiarán el ángulo de incidencia del flujo de aire producido por los motores y hélices. Dicha fuerza junto con el brazo de palanca al centro de masa del vehículo generará un momento, haciendo que gire hacia la derecha o izquierda según sea el caso.

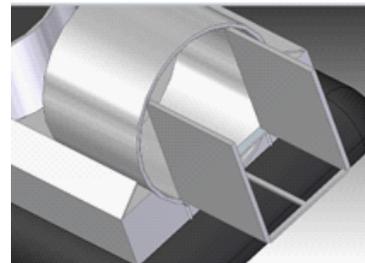


Fig. 11. Aletas de cambio de dirección.

Para el diseño del sistema de dirección se pensó en un principio en utilizar cuerdas atadas en las aletas con las cuales el usuario, desde la parte delantera, podría ejercer fuerza sobre dichas cuerdas para cambiar la dirección. El problema de las cuerdas es que son susceptibles a romperse con el uso y desgaste, por lo que se propuso un mecanismo que contará con un manubrio unido a una brida, la cual tendrá dos barras o tubos en sus extremos, que estarán acopladas mediante bujes; las barras van a otra brida, de tamaño similar, colocada en la parte trasera del Hovercraft, cruzándose la una con la otra, y están también acopladas por medio de bujes.

En la segunda brida, se encuentran las dos aletas las cuales están unidas a la brida por medio de chumaceras y en la parte central se encuentra un eje fijo el cual dará el movimiento a las aletas.

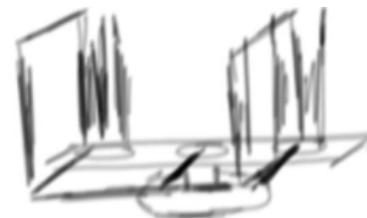


Fig. 12. Bosquejo del sistema de dirección.

Una vez que se tienen todos los sistemas que utilizará el aerodeslizador, se procede a hacer el montaje. Se espera que el aerodeslizador tenga una forma similar a la siguiente.

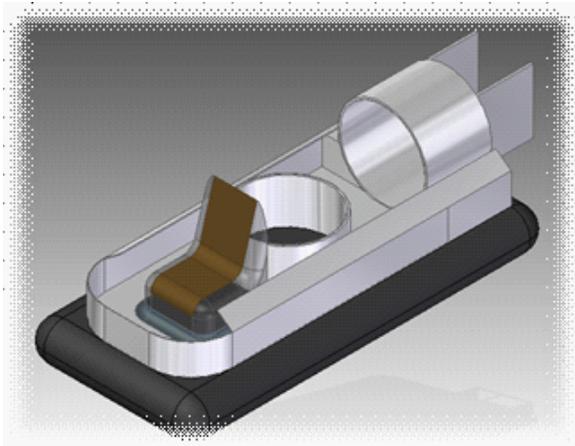


Fig. 13. Propuesta del prototipo final del aerodeslizador.

PROCESO DE MANUFACTURA DEL PROTOTIPO A ESCALA

Se comenzó basado en el sketch seleccionado como diseño definitivo para definir las dimensiones del prototipo, considerando la capacidad de carga de los motores existentes asequibles en el mercado.

Se prosiguió con la decisión de los elementos a utilizar, de los cuales tenemos una lista breve a continuación, indicando el elemento y características de los mismos; cabe mencionar que para la toma de decisiones se hizo una investigación exhaustiva de los modelos existentes en el mercado y tras haber completado una propuesta de selección, se contactó al experto David López de RADIOCONTROL MX para la selección final de componentes.

Se presenta un resumen de las características y los costos asociados.

Elemento	Características	Costo/u (M.N)
Motor (x2)	Brushless de 1000 KV modelo A2212/13T	\$210
Controlador de velocidad (x2)	30A I403 con regulador de voltaje de 5V/1.5A	\$210
Batería	LiPo ONBO 3S/11.1V 25C de 3300 mAh	\$820
Hélice (x2)	Racekraft 5051 tri	\$27.50
Servomotor	Tower Power MicroServo 9g SG90	\$160
Radio Control	Turnigy FHSS 2.4 GHz 6X de seis canales	\$600
Base	Mampara (Foam Board)	\$74
Bolsa	Extra gruesa	\$15
Soporte/motores	Corte laser MDF 3 mm	\$25
Extensiones (x6)	12 AWG	\$20

Se trabajó primero con el Foam Board para la definición de la posición de todos los elementos, basada en el diseño y la distribución de peso, anteriormente se propuso el uso de MDF para la base del Hovercraft, sin embargo, se encontró que es demasiado pesado para la tarea, también se propuso el uso de Coroplast, el cual se refutó debido a su falta de estética. Habiendo cortado las secciones en Foam Board, se procedió al diseño de los soportes para los motores, cortados en laser, cada motor fue fijado al MDF mediante tornillos de 1/8" cortados a la longitud deseada y aprisionados por una tuerca. Para la fijación de cada elemento se utilizó pegamento tipo Mucilago, debido a que no daña las superficies ni el espumado.

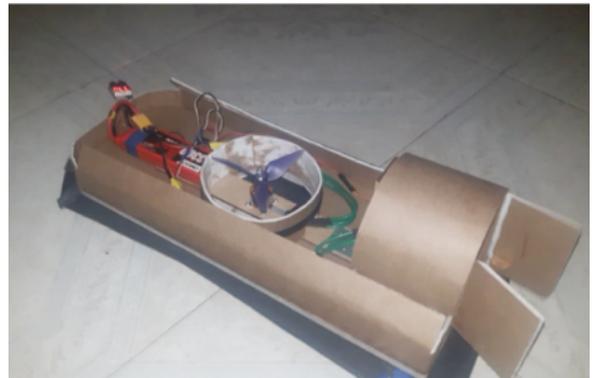


Fig. 14. Prototipo final.

Se colocó el servomotor exactamente en medio de las paletas de dirección, las cuales se conectan al servomotor mediante alambre galvanizado cortado a la medida. Una vez colocados los motores, se procedió a colocar los ESC, el receptor y la batería, anclados mediante tiras de Velcro. El último elemento en ser fabricado fue la bolsa, la cual se pegó al Foam Board con mucilago y se reforzaron los laterales para evitar fugas de aire. El centro de la bolsa se pegó con Duck Tape, para asegurar su fijación.

como la distribución de peso de los componentes electrónicos utilizados para poder obtener una correcta propulsión del aerodeslizador. Como último punto fue necesario realizar varios cambios en el sistema de dirección dado que éste presentaba problemas al principio para lograr un cambio de dirección. Al final de cuentas se cumplió con el objetivo principal que fue el de enfrentarse a un problema de diseño nada sencillo, debido a sus principios de funcionamiento y a la adquisición de conocimiento debido a los problemas que se presentaron a lo largo de la realización del mismo.

VIDAL CEBALLOS CARLOS

El diseño de un vehículo que parece muy simple, como lo parece un Hovercraft, requiere un conocimiento basto sobre mecánica en general, mecánica de sólidos, diseño de elementos de máquinas e incluso mecánica de fluidos ya que se debe calcular cada uno de los esfuerzos en los elementos diseñados, tanto para sustento como para transmisión de potencia o movimiento. Es muy importante reconocer que no vamos a obtener todo el conocimiento necesario para el diseño de un objeto como éste en las horas de clase, significa investigación profunda y selectiva de los temas referentes al análisis mecánico, estático y dinámico del sistema. En cada sección de diseño se presentaron problemas particulares, desde la selección del material y dimensiones del bastidor y fuselaje en general, dada una carga estática y una resistencia última del material sin considerar los efectos de las vibraciones y cargas dinámicas, hasta los elementos de transmisión de movimiento donde se propusieron bandas, cuerdas, barras, además de ejes para las paletas y chumaceras. También se debe reconocer que en una aplicación real o práctica, existen diversos factores, a veces, imposibles de conocer, por lo que debemos proponer elementos y condiciones para poder partir de los factores propuestos y así determinar los restantes, como es el caso del sistema de propulsión, el cual debemos encontrar dados ciertos valores clave como la presión a generar o el peso a sustentar, para después calcular los valores restantes con base en los factores propuestos y por supuesto iterar hasta encontrar los óptimos. Agradezco la introducción a un problema real con soluciones reales (prototipo a escala) y las horas de diversión.

VIVAS MALDONADO RODRIGO

El proceso para poder diseñar un aerodeslizador (o incluso cualquier otro diseño) no es algo sencillo de hacer. Para poder lograr la construcción del vehículo se tuvo que revisar mucha información, así como varios bosquejos y análisis para poder dar el mejor resultado. Quizá una de las mayores complicaciones que se presentaron en el trabajo fue que se utilizaron elementos que no se vieron propiamente en la materia, e incluso muchos de los cálculos fueron más de otras asignaturas, pero esto nos hace ver que un proceso de diseño llega a ser multidisciplinario, que incluso es lo que se nos enseña en la

carrera de Ingeniería Mecatrónica. Al realizar un pequeño prototipo funcional es fácil darse cuenta que cada uno de los diseños y cálculos que se realizaron, funcionan a la perfección. Los materiales utilizados tanto en el prototipo como en el vehículo real, fueron elegidos considerando los resultados de nuestros cálculos, pues lo que se pretendía era lograr un diseño que fuera capaz de soportar toda la estructura sin ningún problema y además tratando de que no fueran materiales muy caros. La parte más complicada del diseño fue la parte de iteraciones, ya que cuando se piensa que se ha llegado a un resultado final, te das cuenta que aún puede mejorarse. Como conclusión final, se puede decir que, siguiendo las etapas de diseño estudiadas en clase, se logró el objetivo de diseñar un aerodeslizador monoplaza.

REFERENCIAS

- [1] Robert L. Norton, "Diseño de Maquinaria", Editorial McGraw Hill, 4ta Ed., pp. 569-589, 2009.
- [2] Robert L. Mott, "Diseño de elementos de máquinas", Editorial Pearson, 4ta Ed., pp. 163-214, 2006
- [3] Ricardo Yañez-Valdez, "Manual de Diseño Mecánico", Facultad de Ingeniería, pp. 3-60, 2017
- [4] Sergi Peitó Vispe, Kevin Reina Jerez, "Estudio, diseño y construcción de un Hovercraft por control remoto de 0,63 metros de eslora", Facultad de Náutica de Barcelona, pp. 1-121, 2016
- [5] Israel Torres Pineda, "Aerodeslizador", Universidad de Guadalajara, pp. 1-6, 2005
- [6] María Eugenia Rodríguez Maluenda, "Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación", Universidad Simón Bolívar, pp.1-128, 2007
- [7] Patricio Alonso Sassarini Bustamante, "Diseño Aerodinámico de un aerodeslizador ligero con capacidad para dos pasajeros", Pontificia Universidad Católica del Perú., pp. 1-175, 2009.
- [8] Giesecke, Mitchell, "Dibujo técnico con gráficas de ingeniería", Editorial Pearson, 14ta Ed., pp. 720, 2013