UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE HOVERCRAFT BÁSICO

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico Universitario en MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Alumno:

Fabian Leopoldo Barria Muñoz

Lukas Jan Eichholtz Alliende

Profesor Guía:

Walter Adrián Lemus

2018

Queremos agradecer a Daniel Zapata (Apoyo docente, Mecánica Automotriz), por su excelente disposición a la hora de brindar ayuda y apoyo entorno a la construcción de este proyecto, proponiendo ideas y facilitando espacios de trabajo, por siempre estar interesado en el progreso y avance de este desafío.

Al mismo tiempo agradecerle a Diego Romero (Apoyo docente, Departamento de Diseño y Manufactura), por su planteamiento de desafíos y retos a la hora de diseñar y construir este proyecto, por su disposición y confianza a la hora de prestar herramientas de trabajo y permitir el uso de maquinaria propia del Departamento de Diseño y Manufactura.

RESUMEN

Keywords: HOVERCRAFT, SISTEMA DE PROPULSIÓN, SISTEMA DE SUSPENSIÓN.

Este trabajo de título describe el proceso de construcción de un prototipo de Hovercraft básico, el cual cuenta con un sistema de sustentación y propulsión integrado.

El proyecto consistirá en una búsqueda y aprendizaje sobre la historia, funcionamiento y las diferentes aplicaciones que pueden tener los Hovercraft. Al mismo tiempo se analizarán los elementos constituyentes del mismo con el objetivo de diseñar y construir un prototipo de Hovercraft a tamaño real.

El Hovercraft tendrá un largo de 351 [cm] y ancho de 145 [cm], dichas dimensiones están predeterminadas debido al uso de un bote inflable como base del vehículo. A partir de esto se buscará realizar un Hovercraft utilizando materiales que añadan el menor peso posible, esto con el fin de lograr su sustentación en el aire. Para lograrlo se utilizará un motor a combustión interna proporcionado por la Universidad Técnico Federico Santa María y una hélice de bajo costo, que tendrán como objetivo lograr la formación de un colchón de aire que mantenga al vehículo despegado del suelo para disminuir la fuerza de roce y lograr su movimiento con una fuerza menor a la de un vehículo que tiene un coeficiente de roce mayor.

En cuanto a la propulsión del vehículo, se usará la misma hélice, esto a través de un cajón que divida la cantidad de aire, dejando un porcentaje para la sustentación y otro restante para la propulsión. Para el diseño, se utilizará la figura del bote que es la base del vehículo. Sobre esta se hará el diseño de una base en terciado que sirva de soporte para las diferentes partes que tenga este vehículo (motor, hélice, estructuras y pasajero), dicha base se dibujara a través del programa AutoCAD para posteriormente ser cortada en una máquina router.

ABSTRACT

This work describes the construction process of a basic Hovercraft prototype, which has an integrated lift and propulsion system.

The project will consist of searching and learning about the history, operation and the different applications that hovercraft can have. At the same time, the constituent elements of the same will be analyzed with the aim of designing and building a life-size hovercraft prototype.

The hovercraft will have a length of 351 [cm] and width of 145 [cm], said dimensions are predetermined due to the use of an inflatable boat as the base of the vehicle. From this we will seek to make a hovercraft using materials that add the least weight possible, this in order to achieve its lift in the air. To achieve this, an internal combustion engine provided by Universidad Tecnica Federico Santa Maria and a second-hand propeller will be used, which will have the objective of creating an air mattress that keeps the vehicle off the ground to reduce friction and achieve its movement with a force less than that of a vehicle that has a higher coefficient of friction. As for the propulsion of the vehicle, the same propeller will be used, this through a drawer that divides the amount of air, leaving a percentage for the lift and another remaining for the propulsion. For the design, the figure of the boat that is the base of the vehicle will be used. On this will be design of a base in tertiary that serves as support for the different parts that have this vehicle (engine, propeller, structure and passenger), said base will be modeled through the program AutoCAD to be subsequently cut in a router machine.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS

RESUMEN 5

ABSTRACT 6

ÍNDICE 7

ÍNDICE DE FIGURAS 10

ÍNDICE DE TABLAS 11

SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS 1

SIGLAS 1

SIMBOLOGÍAS 1

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO 3

1. MARCO TEÓRICO 5

1.1. MARCO CONCEPTUAL 5

1.1.1. Aerodeslizador “Hovercraft” 5

1.2. RESEÑA HISTÓRICA 6

1.2.1. Emanuel Swedenborg (1716) 6

1.2.2. Sir Jhon Thornycroft (1880) 7

1.2.3. Dagobert Müller Von Thomamhul (1916) 8

1.2.4. Christopher Cockerell (1954) 9

1.2.5. Hovercraft SR-N1 12

1.2.6. Vickers VA-3 13

1.2.7. Hovercraft SR-N2 14

1.2.8. Hovercraft SR-N6 15

1.2.9. Aerotrén 16
CAPÍTULO 2: FUNCIONAMIENTO DE UN HOVERCRAFT. 21
2. FUNCIONAMIENTO DE UN HOVERCRAFT. 23
2.1. ESTRUCTURA DE UN HOVERCRAFT 23
2.1.1. Base de un Hovercraft: 24
2.1.2. Sistema de dirección: 25
2.1.3. Falda: 25
2.1.4. Colchón de aire: 26
2.1.5. Motor: 27
2.1.6. Sistema de propulsión: 27
2.1.7. Sistema de suspensión: 28
2.2. DIVERSAS CONFIGURACIONES PRESENTES EN HOVERCRAFT 28
2.2.1. Sistema de propulsión y sustentación separados con dos unidades de potencia independientes 29
2.2.2. Sistema de propulsión y sustentación separados con una unidad de potencia: 29
2.2.3. Sistema de propulsión y sustentación integrado: 30
2.3. Geometría del vehículo: 31
2.3.1. Forma circular: 31
2.3.2. Forma rectangular: 32
2.3.3. Forma triangular: 33
2.4. ELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN A UTILIZAR: 34
CAPÍTULO 3: CÁLCULOS Y FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LOS AERODESLIZADORES 37
3. CÁLCULOS Y FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LOS AERODESLIZADORES 39
3.1. SUSPENSIÓN DEL VEHÍCULO. 39
3.1.1. Determinación de la presión: 39
3.1.2. Área del vehículo. 41
3.1.3. Fuerza de suspensión. 41
3.1.4. Presión Estática 42

3.1.5. Presión Total 42
3.1.6. Velocidad de escape o caudal de perdida. 44
3.1.7. Área de escape 44
3.1.8. Volumen de aire perdido 45
3.1.9. Potencia Requerida 46
3.2. PROPULSIÓN DEL VEHÍCULO. 46
3.2.1. Teoría del sistema de propulsión 47
CAPÍTULO 4: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE HOVERCRAFT BÁSICO. 52
4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE HOVERCRAFT BÁSICO. 54
4.1. ELABORACIÓN DE DISEÑO PRELIMINAR: 54
4.1.1. Adquisición de bote inflable: 54
4.1.2. Adquisición de motor a combustión interna (MCI): 55
4.1.3. Adquisición de hélice: 57
4.2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN 59
4.2.1. Base de Hovercraft 59
4.2.2. Estructura de terciado. 60
4.2.3. Estructura metálica. 62
4.2.4. Motor Hovercraft. 63
4.2.5. Hélice Hovercraft 66
4.2.6. Eje de transmisión. 68
4.2.7. Prueba motor-hélice. 69
4.2.8. Fractura de la hélice. 71
4.2.9. Análisis de falla en la hélice. 73
4.2.10. Sistema de dirección. 74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 77
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN 79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Hovercraft....6
Figura 1-2 Máquina de Emanuel Swedenborg....7
Figura 1-3 Diseño de Dagobert Müller Von Thomamhul....8
Figura 1-4 Embarcación torpedera creada por Dagobert Müller Von Thomamhul....9
Figura 1-5 Sir Christopher Cockerell's experiment....10
Figura 1-6 Sir Christopher Cockerell´s....11
Figura 1-7 Sir Christopher Cockerell´s, junto al SR-N1....12
Figura 1-8 Cruce canal de la mancha SR- N1....13
Figura 1-9 Vickers VA-3....14
Figura 1-10 SR-N2....15
Figura 1-11 SR-N6....16
Figura 1-12 Jean Bertin, diseño práctico....17
Figura 1-13 Aerotrén....17
Figura 1-14 Hovercraft de aplicación militar....18
Figura 1-15 Hovercraft de uso recreativo....19
Figura 1-16 Hovercraft de uso competitivo....19
Figura 2-1 Base “Hovercraft”....24
Figura 2-2 Sistema de dirección Hovercraft....25
Figura 2-3 Falda de Hovercraft....26
Figura 2-4 Motor Hovercraft....27
Figura 2-5 Geometría circular....32
Figura 2-6 Geometría Rectangular....33
Figura 2-7 Geometría triangular....33
Figura 3-1 Distribución de aire Hovercraft....46
Figura 3-2 Área frontal Hovercraft....48
Figura 3-3 Coeficiente de arrastre....50
Figura 4-1 Bote Seahawk 4....55
Figura 4-2 Motor LCT, PGM45005....56
Figura 4-3 Recepción de hélice....57
Figura 4-4 Imagen referencial ventilador P5ZR....59
Figura 4-5 Dibujo AutoCAD....60
Figura 4-6 Máquina ROUTER CNC....61
Figura 4-7 Estructura de terciado....61
Figura 4-8 Proceso de soldadura....62

Figura 4-9 Estructura metálica. 63
Figura 4-10 Aceite lubricante AMALIE SAE 10W30 64
Figura 4-11 Limpieza de carburador, motor LCT. 65
Figura 4-12 Proceso de invalidación de gobernador. 66
Figura 4-13 Diseño de plato para hélice. 67
Figura 4-14 Diseño de plato para hélice con sus respectivos agujeros. 67
Figura 4-15 Eje de transmisión 68
Figura 4-16 Prueba motor-hélice 69
Figura 4-17 Sistema de embrague. 70
Figura 4-18 Falla de Hélice 72
Figura 4-19 Rotura hélice 73
Figura 4-20 Sistema de dirección 75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Cuadro síntesis reseña histórica 20
Tabla 2-1 Especificación masa Hovercraft 34
Tabla 3-1 Valores obtenidos a través de cálculos. 51
Tabla 4-1 Especificaciones técnicas motor LCT, PGM45005 56

SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS

SIGLAS

HVAC	:	Heating, Ventilating and Air Conditioning
LCT	:	Liquid Combustion Technology
NRDC	:	National Research and Development Council
SNCF	:	Sociedad Nacional de Ferrocarriles Franceses
RPM	:	Revoluciones Por Minuto

SIMBOLOGÍAS

kg	:	unidad de masa
kg/m^3	:	unidad de densidad
km/h	:	unidad de velocidad
kW	:	unidad de potencia
N	:	unidad de fuerza
m^2	:	unidad de área
m^3/h	:	unidad de caudal
Pa	:	unidad de presión

INTRODUCCIÓN

Los medios de transporte han ido evolucionando a través del tiempo, debido a la necesidad que tiene el ser humano de desplazarse de manera más rápida, cómoda y eficaz; al mismo tiempo estos requieren ser más versátiles, incluyendo la posibilidad de sortear todo tipo de terrenos.

Tanto los autos, aeroplanos y barcos o pequeños botes, cumplen su función específica en el medio donde se desplazan (tierra, aire y agua respectivamente). Sin embargo, el aerodeslizador o vehículo de colchón de aire, cumple una función específica en la combinación de su operación en estos tres medios mencionados.

Un aerodeslizador, también conocido con el término inglés “Hovercraft”, es un vehículo que se sustenta a través de un colchón de aire generado por su sistema de suspensión, el cual se encuentra interpuesto entre el vehículo y la superficie sólida o líquida por la cual se desplaza. Su principal cualidad es su capacidad de circular sobre cualquier área lo suficientemente regular sin entrar en contacto con ella, como hielo, nieve, desiertos, agua, hierba.

Actualmente los aerodeslizadores son utilizados en todo el mundo, tanto para usos civiles como militares, así como vehículos de auxilio e incluso como vehículos de desembarco de tropas militares. Cabe destacar, que en ciertos países estos aerodeslizadores son utilizados como medios de transporte sobre lagos, ríos, pantanos y mares. También son usados como vehículos recreativos para la playa y el desierto, con los cuales se organizan carreras y competencias.

Debido al poco o nulo conocimiento en Chile sobre este tipo de vehículos es que se plantea la idea de realizar este trabajo de título, que comprende la construcción de un prototipo de “Hovercraft” básico, en el cual se utilice como única fuente de potencia tanto para lograr la sustentación como la propulsión un motor a combustión interna; con el propósito de brindar conocimiento sobre qué es un “Hovercraft” y como este funciona.

El propósito de este trabajo de título es diseñar y construir un prototipo de Hovercraft básico, determinando las dimensiones básicas y principales que debe tener el vehículo para que con el peso estimado de los componentes y su respectivo ocupante pueda ser sustentado y propulsado por el aire generado por una hélice potenciada por un motor de combustión interna. Para ello, se realizará una revisión bibliográfica sobre los aerodeslizadores y su respectivo funcionamiento con la finalidad de llevarlo a cabo de la mejor manera posible.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un prototipo de Hovercraft básico con un sistema de propulsión y sustentación, estudiando y determinando las dimensiones esenciales y los parámetros ocupacionales (caudal, presión, fuerza de empuje, entre otros.) que garanticen su correcto funcionamiento, se realizara una inspección de los diferentes Hovercraft, para conocer las características mecánicas de un medio de transporte poco habitual.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explicar el principio de funcionamiento de los aerodeslizadores, los elementos que los componen y sus fenómenos físicos característicos para lograr una construcción de un prototipo de Hovercraft.
- Dar a conocer los usos y aplicaciones de los aerodeslizadores, con sus antecedentes históricos y la tecnología actual para generar una cultura y conocimiento que hoy en día es escaso dentro de nuestro país en relación con este tipo de transporte.
- Diseñar la geometría del aerodeslizador en base a los parámetros operacionales de la hélice y el motor a combustión interna con el fin de otorgar una propulsión y sustentación óptima para su funcionamiento.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

A continuación, se exponen las bases teóricas utilizadas para la realización del presente trabajo de título. Se incluyen temas como la definición de Hovercraft o aerodeslizador, funcionamiento, reseñas históricas, aplicaciones, usos, elementos que lo constituyen y fenómenos físicos.

1.1. MARCO CONCEPTUAL

En el siguiente párrafo se describe y se determina la procedencia del vehículo Hovercraft, se realiza una descripción de este en conjunto con su funcionamiento.

1.1.1. Aerodeslizador "Hovercraft"

Un aerodeslizador también conocido como "Hovercraft" (por su término en inglés), es un vehículo que se desplaza y se desliza al lanzar un caudal de aire contra una superficie que se encuentra debajo de él; este chorro de aire genera un cojín o colchón de aire, que le permite moverse sobre cualquier superficie horizontal lo suficientemente plana y/o regular, como llanuras, sobre agua, nieve, arena o hielo, sin estar en contacto directo con está.

Propiamente un aerodeslizador se clasifica como una aeronave, puesto que se suspende y se desplaza completamente en el aire; a partir de esta definición, este vehículo pertenece a la familia de los aerodinos, los cuales son definidos por la RAE como un tipo de Aeronave más pesada que el aire cuya sustentación es generada a partir de fuerzas aerodinámicas.

Generalmente, los "Hovercraft" tienen dos o más motores separados. Uno de estos motores hace girar la o las hélices responsables de levantar al vehículo al empujar el aire por debajo de la nave; y uno o más motores adicionales se usan para dar movimiento al vehículo en la dirección deseada.

Fuente: http://www.refinedguy.com/

Figura 1-1 Hovercraft

1.2. RESEÑA HISTÓRICA

Como se ha mencionado anteriormente un Aerodeslizador o “Hovercraft” es un vehículo que se sustenta a partir de un colchón de aire generado por el giro de una hélice accionada mediante un motor eléctrico o de combustión interna.

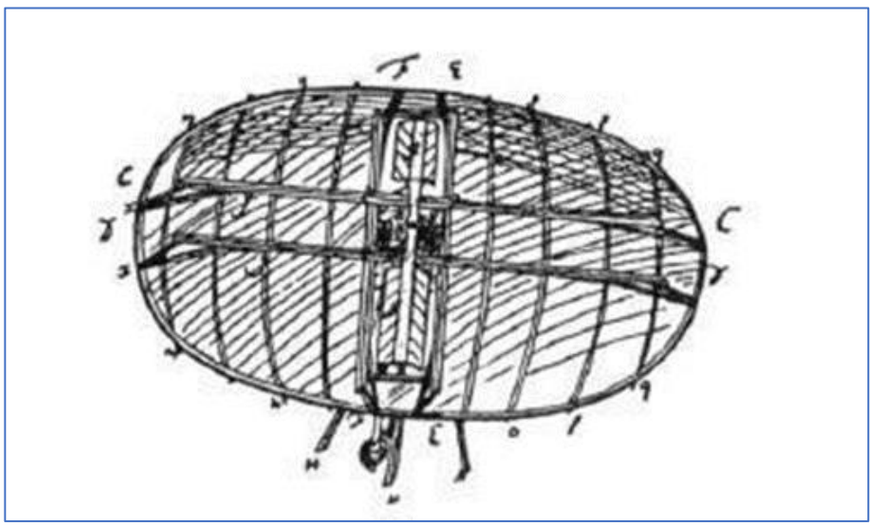
1.2.1. Emanuel Swedenborg (1716)

Este filósofo y científico sueco, fue uno de los primeros en desarrollar la idea de “colchón de aire”. Sus experimentos se enfocan en disminuir las fuerzas de arrastre o el roce que se generaba por el agua sobre el casco de los barcos, producto de los efectos de fricción y viscosidad. Para vencer o reducir aquello Swedenborg ideo inyectar aire comprimido entre el agua y el casco del barco, creando un manto de aire que reducía enormemente dichas fuerzas de arrastre.

El vehículo diseñado por este científico consistió en una plataforma generada por un colchón de aire propulsado por la acción humana, el cual se asimilaba a un bote volcado

con una cabina en su centro y palas en forma de remos a sus costados las cuales empujaban aire hacia abajo del vehículo (ver Figura 1-2). Lamentablemente este diseño nunca se pudo concretar, ya que, la simple fuerza humana no podría generar suficiente empuje vertical.

Era necesario el desarrollo de un motor de bajo peso, el cual, por razones de la época y la tecnología estaba lejos de ser alcanzado.



Fuente: http://www.automotriz.mobi

Figura 1-2 Máquina de Emanuel Swedenborg

1.2.2. Sir Jhon Thornycroft (1880)

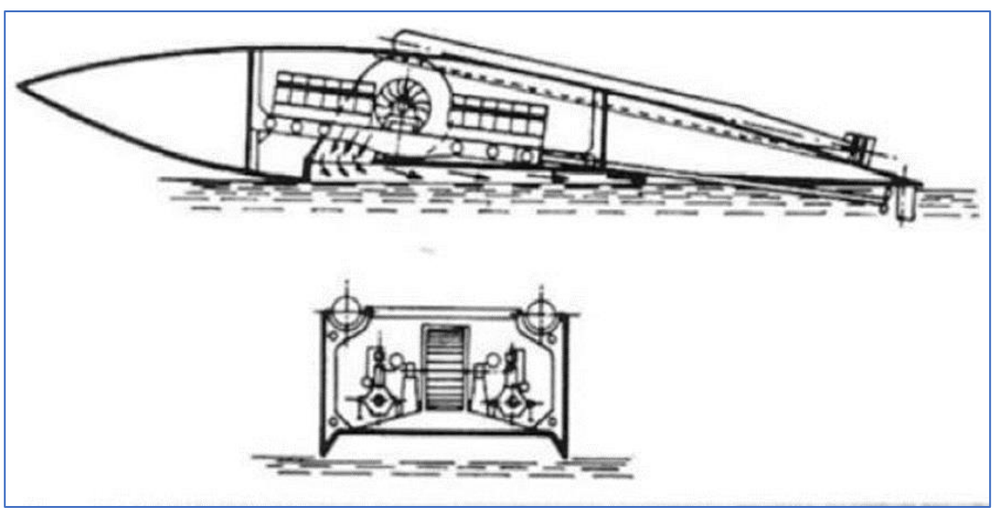
Arquitecto naval e ingeniero fue uno de los pioneros en el área que respecta a la historia de los aerodeslizadores, construyó prototipos para pruebas de efecto suelo (fenómeno aerodinámico que ocurre cuando un cuerpo, que mantiene una diferencia de presión entre la zona que hay sobre él y la que hay por debajo, está muy cerca de la superficie terrestre, lo que provoca unas alteraciones en el flujo de aire).

Este ingeniero británico basó sus prototipos en la idea de usar aire entre el casco de un bote y el agua para reducir la resistencia que ejerce este fluido al movimiento del bote. A pesar de haber registrado varias patentes relacionadas con el concepto de cascos lubricados con aire en 1877, no se hallaron aplicaciones prácticas.

A través de los años, se siguieron realizando experimentos con el fin de disminuir el arrastre producido en las embarcaciones a través de la inyección de aire, pero ningún avance resultó válido.

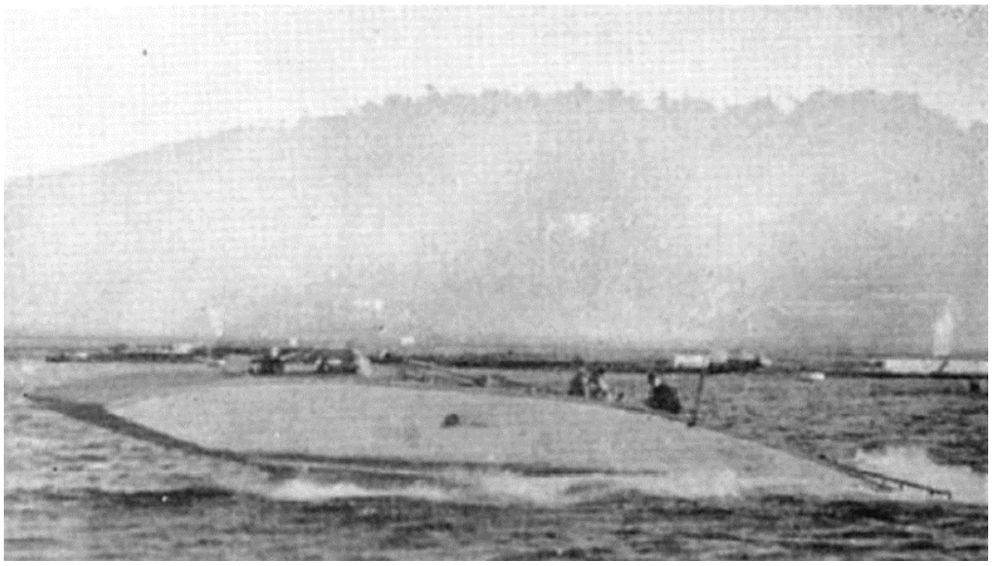
1.2.3. Dagobert Müller Von Thomamhul (1916)

En el año 1916, Dagobert Muller Von Thomamhul, ingeniero austriaco, diseñó y construyó el primer bote torpedero para la marina Austriaca sustentado por un colchón de aire (ver Figura 1-3). Esta embarcación usaba ventiladores para bombear aire debajo del casco con el fin de formar un cojín de aire lubricante. Posteriormente todos sus avances fueron arruinados por ingenieros Vieneses, los cuales desarmaron la embarcación pieza por pieza e incluso los motores fueron completamente desmantelados. Dagobert percibió que esto era un acto destructivo y un insulto a sus esfuerzos por lo que detuvo todos sus trabajos.



Fuente: High-Speed Marine Craft: One Hundred Knots At sea. Peter J. Mantle

Figura 1-3 Diseño de Dagobert Müller Von Thomamhul



Fuente: High-Speed Marine Craft: One Hundred Knots At sea. Peter J. Mantle

Figura 1-4 Embarcación torpedera creada por Dagobert Müller Von Thomamhul

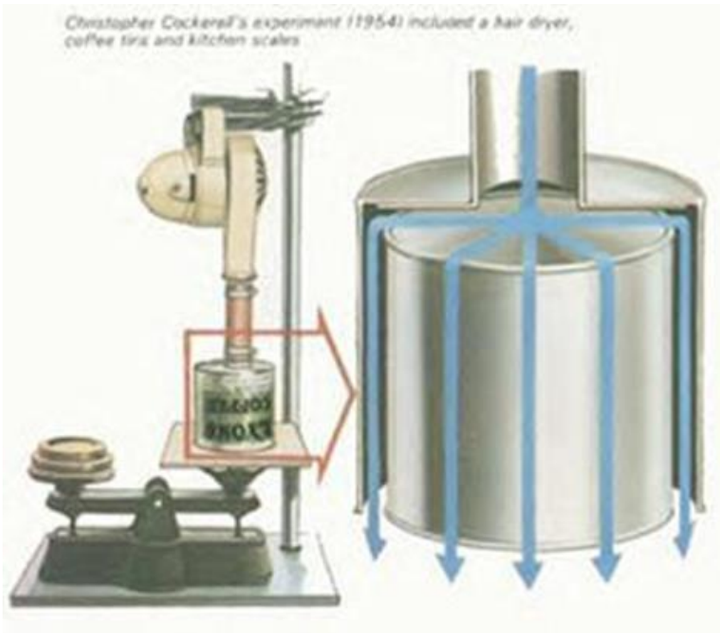
A mediados de la época de 1950 un gran número de personas continuaron trabajando en ideas similares. La potencia desarrollada por nuevos motores, la creación de materiales más resistentes y de menor peso, así como los avances tecnológicos hicieron que la idea de un aerodeslizador estuviera cerca de convertirse en realidad.

1.2.4. Christopher Cockerell (1954)

En el año 1954 Christopher Cockerell, por medio de sencillos experimentos con un motor de aspiradora y dos latas cilíndricas, demostró el principio operativo de un vehículo suspendido por un colchón de aire expulsado a presión, el cual hace posible que este se mueva sobre diversas superficies.

La hipótesis que planteaba Cockerell consistía en que se generaría una carga mayor a través del confinamiento del flujo de aire en vez de hacer incidir directamente el flujo como se había intentado en varias oportunidades anteriormente. Para demostrarlo, Cockerell llevó a cabo el siguiente experimento: Primero hizo incidir directamente el flujo de aire contra una balanza, posteriormente diseñó un difusor de aire con una lata para comida de gatos y una lata de café que poseía un diámetro mayor, y conectó el secador al difusor para hacer incidir el aire contra la balanza logrando medir la carga aplicada a través

de la balanza misma (ver Figura 1-5). En conclusión, Cockerell determinó que a través del difusor se producía una mayor carga de aire en la balanza, debido que al crear una cortina de aire entre ambas latas se lograba un empuje mayor, a diferencia de al hacer incidir el aire directamente sobre la balanza. Este fue el descubrimiento clave de Cockerell, debido a que logró descubrir lo que posteriormente sería el ingrediente clave de su creación, que denominó y patentaría en unos años como efecto de cortina de momento.



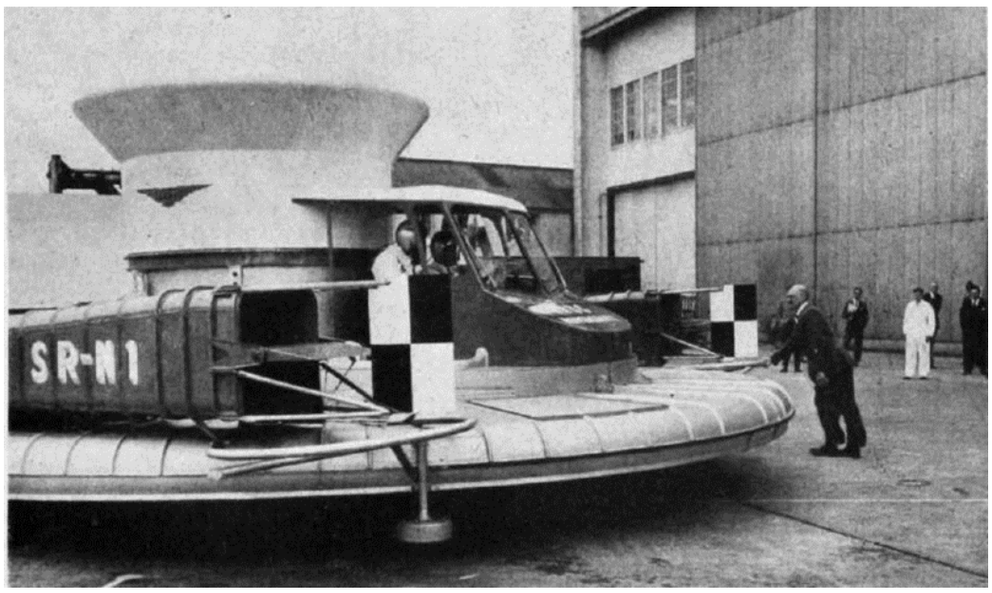
Fuente: http://worldhovercraft.org

Figura 1-5 Sir Christopher Cockerell's experiment

Fuente: https://www.timesnews.gr

Figura 1-6 Sir Christopher Cockerell´s

El 12 de diciembre de 1955, Cockerell patentó su idea y se dirigió hasta el gobierno británico con el propósito de conseguir apoyo financiero para desarrollar su invento. Las autoridades, al intuir la posible aplicación de su invento como medio de transporte, clasificaron la investigación como top secret. Posteriormente en 1958, el ingeniero logró el apoyo oficial de la NRDC (National Research and Development Council), que firmó un contrato con la Saunders-Roe (Fábrica de aviones constructora de helicópteros Westland) para lograr construir el primer aerodeslizador en el mundo, que fue denominado SR-N1 (ver Figura 1-7).



Fuente: https://www.theengineer.co.uk/

Figura 1-7 Sir Christopher Cockerell´s, junto al SR-N1

1.2.5. Hovercraft SR-N1

El SR- N1 era una balsa de forma ovalada, que poseía un motor Alvis Leonides para avión, de nueve cilindros que operaban en forma radial generando una potencia de 435 [HP], fue montado verticalmente en el centro de la nave. El motor accionaba un ventilador axial que impulsaba aire para formar el colchón. Dicho vehículo, solo se levantaba 25 [cm], lo que producía una limitación en sus movimientos a través de superficies lisas y el agua en calma. A pesar de ello, el 25 de Julio de 1959, el SR-N1 zarpó desde Calais a las 04:49 y cruzó el canal de la Mancha, llegando al puerto de Dover a las 6:45 (ver Figura 1-8).

Fuente: http://knight-gkla.co.uk/

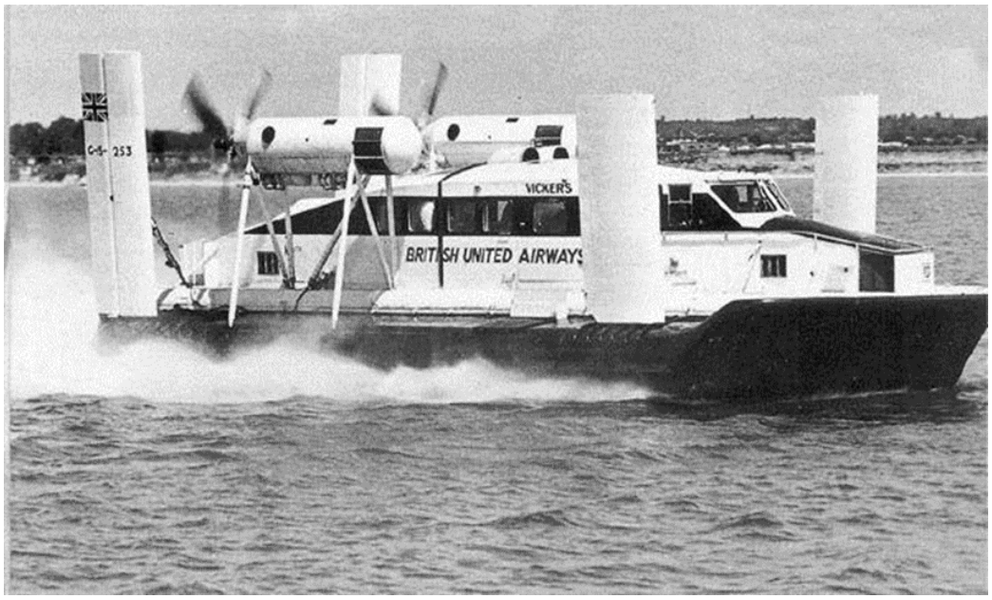
Figura 1-8 Cruce canal de la mancha SR- N1

Las conclusiones obtenidas posterior a su primer viaje radicaron en la sustentación de este, al darse cuenta de que agregando el “faldón” de contención hecho de goma o tela flexible bajo el casco, se mejoraba notablemente la sustentación de este al contener el aire, logrando crear un efecto de “levitación”.

La principal desventaja de la nave era que solo podía cargar el peso mismo de está más el de dos personas, motivo que frenó su esperado éxito comercial, lo que sería resuelto a través de los años con las posteriores creaciones de diferentes naves con lo que comenzaba una creciente alza del invento de Cockerell.

1.2.6. Vickers VA-3

Luego de que el SR-N1, demostró el concepto de aerodeslizador viable, se desarrolló el Vickers VA-3 (ver Figura 1-9). Este aerodeslizador fue el primero en transportar pasajeros regularmente a lo largo de la costa septentrional del país de Gales, entre Wallasey y Rhy, durante el verano de 1961. Su sistema de sustentación era generado a través de dos motores turbopropulsores, se propulsaba mediante el uso de hélices y era conducido a través de un timón.



Fuente: http://www.histarmar.com.ar/

Figura 1-9 Vickers VA-3

Este Hovercraft contaba con un largo de 17.06 [m] y un ancho de 8.23 [m], era capaz de transportar una cantidad de 24 pasajeros. Este aerodeslizador fue puesto a prueba durante un periodo de 2 meses (59 días) pero debido a malas condiciones de clima solo logró ser probado durante 36 días.

1.2.7. Hovercraft SR-N2

A mediados de la década de 1960, el fabricante de aeronaves británico Saunders Roe, diseñó varios aerodeslizadores para pasajeros más grandes, entre ellos destaca el SR-N2 (ver Figura 1-10). Dicho Hovercraft pesaba 27 toneladas y era capaz de llevar 48 pasajeros. Este prototipo fue denominado el primer Hovercraft con calidad comercial. Su primera demostración fue realizada en Saint Lawrence River, Canadá en 1962 operado por P & A Campbell, quien al mismo tiempo cruzó el canal de Bristol entre Weston Super Mare y Penath en 1963.

Fuente: http://www.jameshovercraft.co.uk/

Figura 1-10 SR-N2

1.2.8. Hovercraft SR-N6

En este aerodeslizador se incorporaron varios rasgos característicos los cuales lo llevaron a ser el aerodeslizador más producido y acertado en el mundo (ver imagen 1-11). Su configuración era esencialmente para transporte de pasajeros, sus diseños iniciales permitían acomodar alrededor de 38 pasajeros, poseía un largo de 17.78 [m] y un ancho de casi 8 [m], era capaz de alcanzar velocidades de hasta 93 [km/h]. Sus configuraciones posteriores lograron aumentar la capacidad de pasajeros hasta 58 pasajeros sentados. En su diseño militar el SR-N6 era capaz de transportar una tropa de 55 personas totalmente equipadas o alternativamente 6 toneladas de equipamiento.

Fuente: http://www.myhovercraft.co.uk/

Figura 1-11 SR-N6

Así como Saunders Roe y Vickers, quienes en 1960 se fusionaron para formar British Hovercraft Corporation, otros modelos comerciales fueron desarrollados durante la década de los 60s en el Reino Unido por Cushion Craft (parte del grupo Britten-Norman), “Hovermarine” (estos utilizaban “paredes” laterales, con la finalidad de proyectar ambos lados del casco hacia abajo, dentro del agua para atrapar el cojín de aire entre los lados) y Lockheed Aeronáutica.

1.2.9. Aerotrén

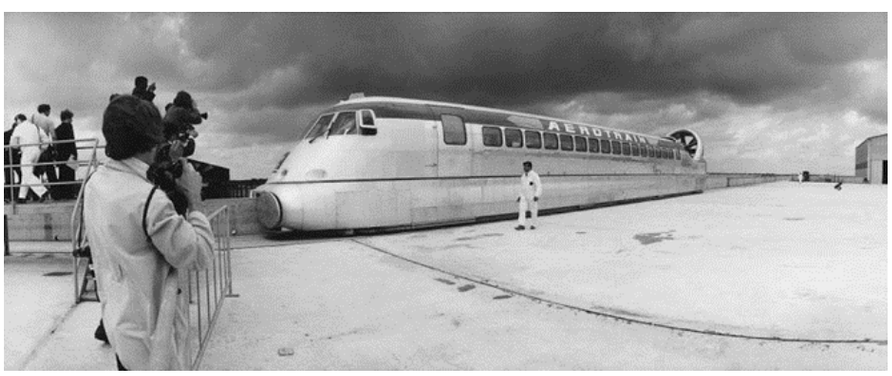
A finales de la década del 60s y principios de los 70s, Jean Bertin desarrolló el concepto de Aerotrén, Bertin había redescubierto y aplicado exitosamente entre 1965 y 1977 el principio de suspensión sobre el colchón de aire permitiendo minimizar la fricción y alcanzar una velocidad sin precedentes.

En 1958 Jean Bertin desarrollo los primeros diseños prácticos y presentó a los poderes públicos, junto a la SNCF (Sociedad Nacional de Ferrocarriles Franceses) una maqueta de 1.5 [m] de largo de longitud a escala 1:20 (ver Figura 1-12). A través de una seguidilla de pruebas, configuraciones, fracasos y aciertos, se logra el primer modelo de aerotrén el cual era propulsado por un motor y una hélice de avión montado sobre el cuerpo aerodinámico del vehículo (ver Figura 1-13).

Fuente: http://www.unabrevehistoria.com/

Figura 1-12 Jean Bertin, diseño práctico

El modelo 01 alcanzo una velocidad de 345 [km/h] siendo impulsado por un turborreactor; El prototipo 02 sirvió para experimentar con altas velocidades alcanzando 422 [km/h]. La invención de Jean Bertin y su modelo I-80 establecieron el récord mundial de velocidad para un vehículo de colchón de aire sobre tierra firme con una velocidad promedio de 417.6 [km/h] y una máxima de 430 [km/h]



Fuente: http://www.unabrevehistoria.com/

Figura 1-13 Aerotrén

El éxito comercial de los aerodeslizadores fue frenado debido a las rápidas alzas en los precios de combustibles a finales de la década de 1960 y 1970, desencadenado por el conflicto en Medio Oriente. Al mismo tiempo la introducción de naves alternativas, como catamaranes perforadores de olas, los cuales consumen una menor cantidad de combustible y logran realizar casi las mismas actividades de un aerodeslizador sobre el agua repercutieron en el desarrollo de la tecnología Hovercraft. A pesar de esto, se siguió implementando el uso de aerodeslizadores para propósitos tanto militares como civiles, fue así como la Unión Soviética y los Estados Unidos, desarrollaron sus propios vehículos capaces de transportar armamento, soldados y equipos militares bajo cualquier condición meteorológica y sobre cualquier terreno de batalla. Los aerodeslizadores prácticamente desaparecieron de las costas británicas, su lugar de nacimiento, hasta ser reintroducidos como botes salvavidas por la Real Institución Nacional de Botes Salvavidas.

En la década actual, con el desarrollo de nuevas tecnologías, el descubrimiento de materiales más resistentes y más livianos como el kevlar y otros polímeros se han construido otros medios de transporte de funcionamiento similar y bajos costos operacionales, como los catamaranes, hidroaviones, etc.

Hoy en día los aerodeslizadores prestan servicios en todo el planeta no solo como vehículos de transporte sino también como vehículos militares (ver Figura1-14), recreativos (ver Figura 1-15), competitivos (ver Figura 1-16).

Su alta velocidad, maniobrabilidad, gran capacidad de carga, versatilidad y su bajo costo de mantenimiento hacen del aerodeslizador un medio de transporte único.

Fuente: http://img.nauticexpo.es/

Figura 1-14 Hovercraft de aplicación militar

Fuente: http://www.armorama.com/

Figura 1-15 Hovercraft de uso recreativo

Fuente: http://www.hovercraft.org.uk/

Figura 1-16 Hovercraft de uso competitivo

A continuación, se presenta una tabla síntesis, con la finalidad de sintetizar y resumir los avances tecnológicos y hazañas realizadas por los diversos precursores a lo largo de la historia del Hovercraft (ver Tabla 1-1).

Tabla 1-1 Cuadro síntesis reseña histórica

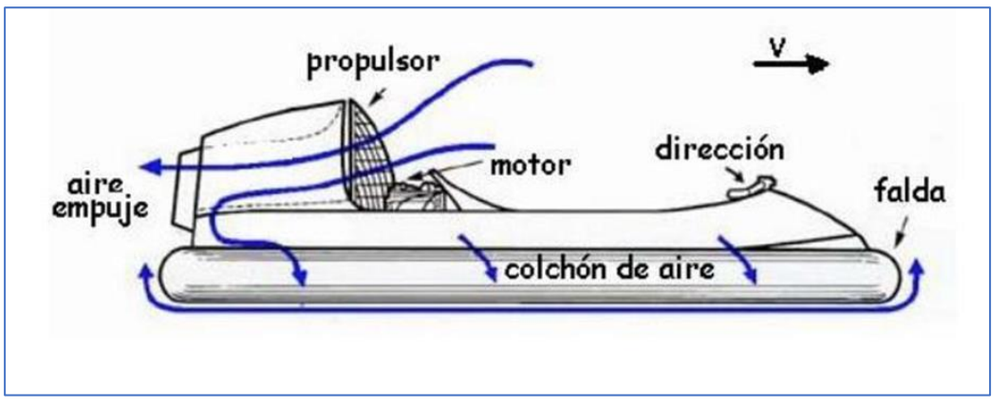
Precursor:	**Año:**	**Hazañas**
Emanuel Swedenborg	1716	Desarrolla idea de “colchón de aire”.
Sir Jhon Thornycroft	1880	Construyó prototipos de efecto suelo.
Dagoberth Müller Von Thomamhul	1916	Diseñó y construyó el primer bote torpedero con cojín de aire lubricante.
Christopher Cockerell	1954	Demostró el principio operativo de un vehículo suspendido por un colchón de aire.
Jean Bertin	1958	Presenta los primeros diseños prácticos (maquetas), logrando el primer modelo de aerotrén.
Vickers VA-3	1961	Primer Hovercraft en transportar pasajeros
SR-N2	1962	Primer Hovercraft con calidad comercial.
SR-N6	1965	Hovercraft más producido y acertado en el mundo
Aerotrén Jean Bertin	1970	Aplica el principio de colchón de aire en trenes, logrando velocidades sin precedentes.

Fuente: Autor, basado en reseña histórica.

CAPÍTULO 2: FUNCIONAMIENTO DE UN HOVERCRAFT.

2. FUNCIONAMIENTO DE UN HOVERCRAFT.

En el siguiente capitulo, se describe el funcionamiento de un aerodeslizador, realizando una descripción de sus componentes, estructura y todos aquellos elementos funcionales que intervienen en su operación (ver Figura 2-1). Además se da a conocer diversas configuraciones respecto a la construcción de estos vehículos.



Fuente: http://www.discoverhover.org/

Figura 2-1 Estructura de un Hovercraft

2.1. ESTRUCTURA DE UN HOVERCRAFT

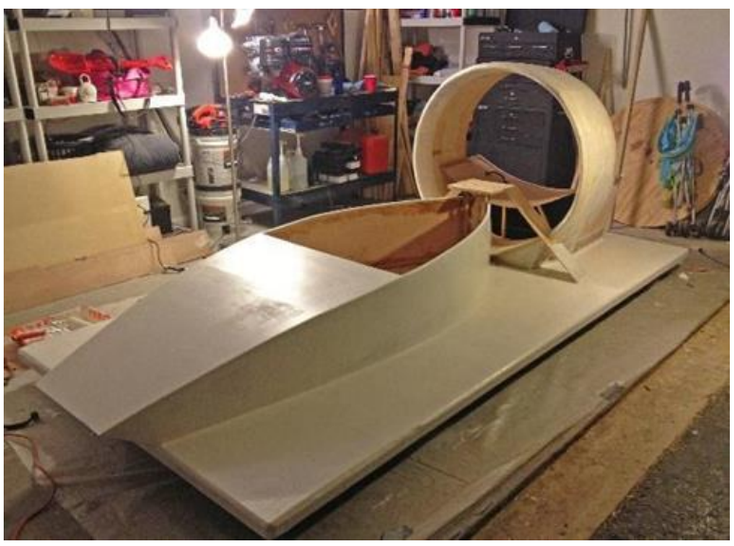
La estructura de un Hovercraft correspone a todos los elementos tangibles (falda, direccion, motor, etc.) y no tangibles (colchon de aire, aire de empuje y sustentacion.) Los cuales se daran a conocer y se desarrollaran a continuacion.

2.1.1. Base de un Hovercraft:

Representa el esqueleto del cuerpo de un Hovercraft; generalmente se construye de madera, fibra de vidrio o incluso aluminio (ver Figura 2-2). A esta estructura se deben fijar todos los elementos y grupos mecánicos que conforman en este caso a un vehículo de colchón de aire.

Las Funciones de este elemento son las siguientes:

- Servir de base a todos los componentes que constituyen un Hovercraft: motor, falda, hélice, sistema de dirección, sistema de propulsión y sustentación.
- Aportar rigidez al vehículo, brindando seguridad al operario.



Fuente: http://www.evbid.com/

Figura 2-2 Base “Hovercraft”

2.1.2. Sistema de dirección:

La dirección de este tipo de vehículos se realiza mediante el cambio de orientación en el flujo de aire generado por el sistema de propulsión; el cambio de flujo de aire se realiza mediante la utilización de timones en la parte trasera del ventilador o mediante el giro del conjunto motor-hélice (ver Figura 2-3).

Fuente: http://www.explainthatstuff.com/

Figura 2-3 Sistema de dirección Hovercraft

2.1.3. Falda:

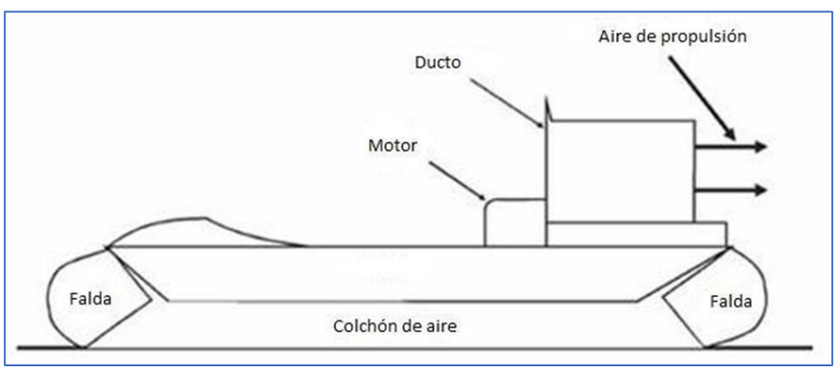
La falda permite almacenar o restringir un caudal de aire constante bajo la estructura del vehículo y con esto aumentar la presión que el aire genera en contra de las paredes de la falda facilitando así la suspensión del aerodeslizador (ver Figura 2-4).

Fuente: https://www.pinterest.cl/bodymodsa/hovercrafts/

Figura 2-4 Falda de Hovercraft

2.1.4. Colchón de aire:

El colchón de aire no es un elemento tangible, está conformado por el caudal de aire que se encuentra atrapado bajo la estructura de la falda de un Hovercraft. Este elemento permite tener estabilidad al momento de operar el vehículo, está constituido por aire almacenado bajo presión, es inyectado a traves de un ducto de suspension el cual dirige el aire generado por la helice al interior de la falda (ver Figura 2-5).



Fuente: http://www.mechanicalengineeringprojects.net

Figura 2-5 Colchón de aire

2.1.5. Motor:

El motor es uno de los elementos principales, ya sea un motor a combustión interna (ver Figura 2-6) o un motor eléctrico, esté permite generar un trabajo el cual es percibido por el ventilador haciéndolo girar a altas revoluciones por minuto brindando con esto un caudal de aire considerable para la operación del equipo.

Fuente: http://www.slipstreamhover.com/

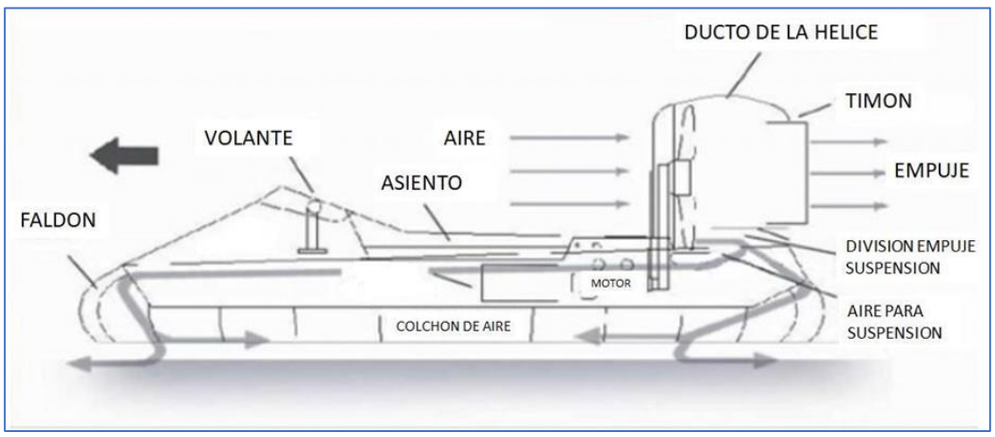
Figura 2-6 Motor Hovercraft

2.1.6. Sistema de propulsión:

Este sistema permite realizar desplazamientos en nuestro vehículo, dependiendo de la configuración de los diversos Hovercraft se pueden apreciar sistemas de propulsión con una o más hélices. Las hélices o ventiladores luego de ser accionados mediante un motor generan un caudal específico a ciertas revoluciones por minuto y con esto una fuerza de empuje la cual nos facilita generar movimientos a diversas velocidades.

2.1.7. Sistema de suspensión:

En la Figura 2-7 se aprecia la suspensión, la cual permite elevar el vehículo facilitando con esto el desplazamiento en diversas superficies. Este sistema, genera por medio de una hélice el denominado colchón de aire permitiendo la flotabilidad de este.



Fuente: Presentación Hovercraft Chile LTDA 2018.

Figura 2-7 Elementos de un Hovercraft

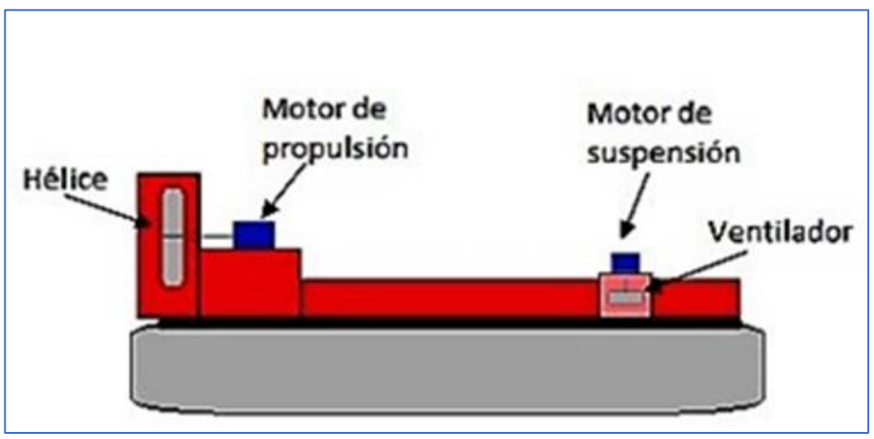
2.2. DIVERSAS CONFIGURACIONES PRESENTES EN HOVERCRAFT

Como se mencionó anteriormente, un Hovercraft es un vehículo que debe tener dos características básicas para funcionar: contar con un sistema de sustentación y propulsión para hacer posible el funcionamiento de este, ya que a través de ellas se cumple el principio básico de suspensión por medio de un colchón de aire. A la misma vez, dichos sistemas pueden variar en cuanto a cantidad de unidades de potencia a emplear y de la manera en que dicha potencia sea distribuida en el vehículo, es por esto que los Hovercraft se agrupan principalmente en tres grupos los cuales se describen a continuación.

2.2.1. Sistema de propulsión y sustentación separados con dos unidades de potencia independientes

Este tipo de Hovercraft posee una unidad de potencia para la sustentación y otra para la propulsión (ver Figura 2-8). Dichas unidades no tienen la necesidad de operar en conjunto, por lo que permite utilizar cada una de ellas de forma eficiente y en el momento que el operario lo requiera. Es decir; que se puede tener el vehículo despegado del suelo sin tener la necesidad de utilizar la unidad que permite la propulsión de este.

La principal ventaja de este diseño es que permite evitar mecanismos de transmisión que harían más complejo el funcionamiento, ya que al tener dos unidades de potencia el control se realiza de forma directa sobre ellas porque la transmisión de potencia es directa e independiente entre cada una. La principal desventaja se presenta al momento de construirlo, ya que al tener dos unidades de potencia se debe pensar bien la ubicación de cada una de ellas ya que ocupan un espacio mayor en el mismo.



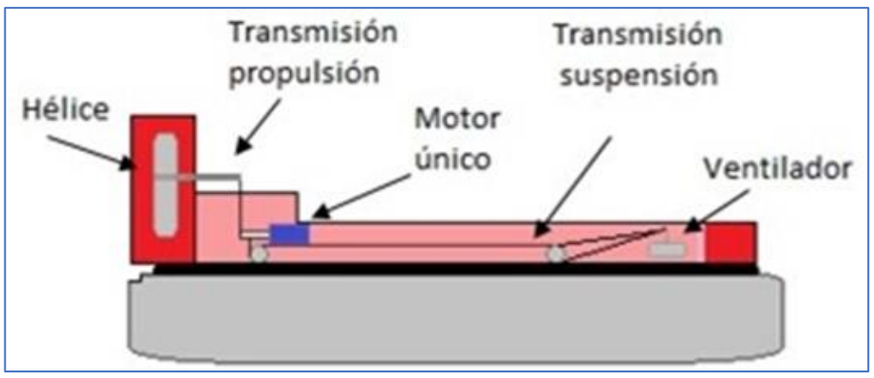
Fuente: Autor, basado en configuraciones existentes.

Figura 2-8 Sistema de propulsión y separados con dos unidades de potencia

2.2.2. Sistema de propulsión y sustentación separados con una unidad de potencia:

Este tipo de Hovercraft tiene la principal característica de lograr su sustentación y propulsión mediante la utilización de dos sistemas de transmisión (ver Figura 2-9), los

cuales pueden funcionar de manera independiente o en conjunto y que son accionados por una unidad de potencia la cual va posicionada en un punto estratégico para no afectar el funcionamiento de este. La ventaja de emplear este tipo de sistema radica en su posibilidad de ser montado en un espacio reducido ya que solo se utiliza una unidad de potencia. Por otra parte, la principal desventaja se presenta al momento de la puesta en marcha, ya que al accionar la unidad de potencia se activa tanto el sistema de propulsión como el de sustentación lo que podría causar problemas en el control de cada uno de ellos. Una solución posible es independizar los sistemas agregando un sistema de embragues para cada sistema, lo cual eliminaría el problema, pero haría más complejo el montaje de este.



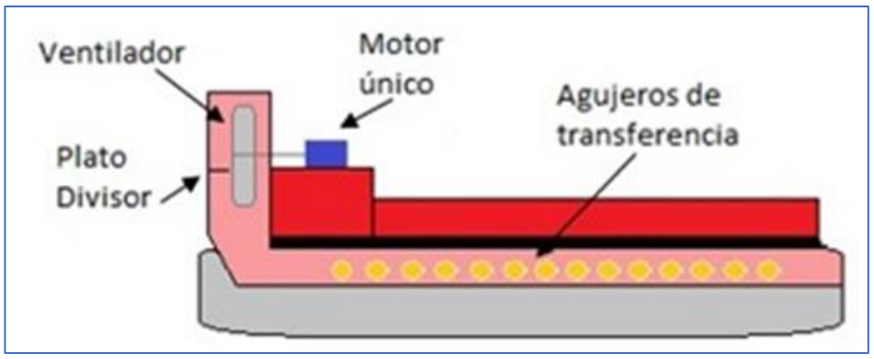
Fuente: Autor, basado en configuraciones existentes.

Figura 2-9 Sistema de propulsión y sustentación separados

2.2.3. Sistema de propulsión y sustentación integrado:

Esta configuración utiliza una unidad de potencia y una hélice o ventilador para lograr la propulsión y sustentación (ver Figura 2-10). Es decir, una parte del aire suministrado por la hélice o ventilador se divide mediante un plato divisor utilizando cierto porcentaje para su propulsión y otra parte de este para la sustentación. La principal ventaja de este tipo de configuración es que el diseño se reduce en tamaño y en peso, logrando de esta forma crear un vehículo ligero que logre moverse de forma ágil sin necesidad de un sistema de transmisión complejo o con una cantidad excesiva de motores y ventiladores o

hélices. Por otra parte, la desventaja de este se presenta al momento de diseñar el ducto donde va la hélice, ya que los cálculos asociados a estos requieren un análisis mayor para lograr un correcto funcionamiento del vehículo y una correcta elección de la hélice o ventilador a utilizar como fuente de suministro de caudal de aire.



Fuente: Autor, basado en configuraciones existentes.

Figura 2-10 Sistema de propulsión y sustentación integrado

2.3. GEOMETRÍA DEL VEHÍCULO:

Uno de los puntos importantes al momento de construir y diseñar este tipo de vehículos es definir la forma que tendrá la base del vehículo, para posteriormente determinar las dimensiones de dicha geometría. Al hablar de geometría se hace referencia a la forma de la base del vehículo, esta geometría afecta también la parte superior del aerodeslizador restando o añadiendo espacio dependiendo de su configuración.

2.3.1. Forma circular:

La mayoría de los Hovercraft con geometría circular están destinados a ser usados por un solo operario (ver Figura 2-11). Su forma destaca por su gran maniobrabilidad en espacios reducidos y al mismo tiempo brinda un control más certero respecto a los

extremos del vehículo. Su forma circular permite realizar cálculos de diseño y construcción de forma simple debido a su geometría, ya que, el calculo de area para una figura circular esta establecida.

Fuente: http://www.hovery.com/

Figura 2-11 Geometría circular

2.3.2. Forma rectangular:

Al igual que en la geometría circular, la forma rectangular permite y facilita la realización de cálculos de diseño y construcción de forma directa con las fórmulas físicas, matemáticas.

Su geometría rectangular permite una mayor proyección de diseño y construcción, al mismo tiempo facilita la distribución de elementos y/o accesorios; este tipo de configuración está destinada para ser ocupada por más de un operario o el transporte de objetos, materiales (ver Figura 2-12).

Uno de los inconvenientes de este tipo de aerodeslizadores es que debido a su forma rectangular se requiere de mayor material a la hora de construirlo. Otro factor negativo es que al mantener una geometría rectangular este vehículo experimenta una alta resistencia al avance, ejerce mayor oposicion al enfrentar el viento.

Fuente: http://www.griffonhoverwork.com/

Figura 2-12 Geometría Rectangular.

2.3.3. Forma triangular:

Esta es la forma con menor resistencia al aire debido a sus características aerodinámicas las cuales se pueden observar en la Figura 2-13. La utilización de esta forma se justifica cuando se desee o se busque alcanzar grandes velocidades de desplazamiento con fines competitivos.

Fuente: http://hovercraft.com/

Figura 2-13 Geometría triangular.

2.4. ELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN A UTILIZAR:

Para lograr determinar cuál configuración es la óptima para nuestro vehículo se cuestionan los siguientes factores:

a) Número de pasajeros
b) Motores disponibles
c) Hélices o ventiladores disponibles
d) Peso total de vehículo
e) Aplicación del vehículo
f) Tiempo de construcción

Luego de plantear dichas interrogantes, se procede a la toma de decisiones; se plantea la idea de construir un Hovercraft con capacidad para un solo pasajero, el cual cumpla con una aplicación recreativa. Respecto al peso del vehículo se presenta a continuación una tabla la cual especifica la carga que debe soportar este vehículo. (ver Tabla 2-1).

Tabla 2-1 Especificación masa Hovercraft

Pasajero	80 [kg]
Motor	15 [kg]
Hélice	11 [kg]
Estructura de terciado	14[kg]
Estructura metálica	10 [kg]
Tolerancia	20[kg]
Peso Total	150[kg]

Fuente: Autores, basado en masas obtenidas.

La construcción del Hovercraft está enmarcada en la elaboración de un proyecto universitario con financiamiento propio. Por lo que el presupuesto con el cual se dispone es limitado. Además, se analiza el mercado de hélices y motores en nuestro país, pudiendo ver un mercado acotado, por lo que la oferta es escasa y costosa. A partir de estos dos factores, se toma la decisión de construir un Hovercraft con una configuración que tenga

el sistema de propulsión y sustentación integrado, ya que esta es una configuración en la cual sus elementos son de fácil accesibilidad y menor costo adquisitivo.

Como se mencionó anteriormente, el sistema de propulsión y sustentación integrada basa su funcionamiento en un solo motor y en una sola hélice, siendo estos dos elementos aquellos que le dan la principal característica a este tipo de Hovercraft.

Otro punto a tomar en consideración es que el manejo y control de un motor, en relación con la aceleración, consumo de combustible, lubricación y refrigeración es más viable y posible de monitorear utilizando un solo motor en vez de dos motores accionados al mismo tiempo.

CAPÍTULO 3: CÁLCULOS Y FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LOS AERODESLIZADORES

3. CÁLCULOS Y FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LOS AERODESLIZADORES

En este capítulo se desarrolla el respaldo teórico sobre el correcto funcionamiento de este tipo de vehículos. Partiendo por presentar diversas magnitudes físicas, las cuales permitirán entender dos puntos claves a la hora de operar vehículos de colchón de aire:

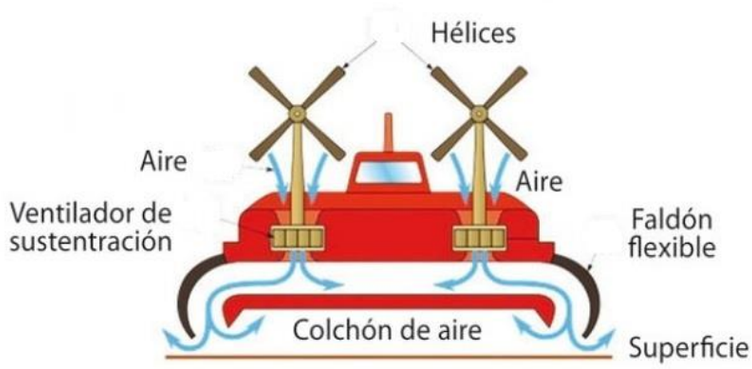
- Suspensión del vehículo
- Propulsión del vehículo

3.1. SUSPENSIÓN DEL VEHÍCULO.

La suspensión del vehículo permite despegar el Hovercraft del suelo, disminuyendo el coeficiente de roce, facilitando con esto el desplazamiento a través de diferentes superficies y terrenos.

3.1.1. Determinación de la presión:

El fundamento teórico para el desarrollo de los aerodeslizadores o vehículos de colchón de aire es la aplicación del concepto de diferencia de presión para lograr suspender el vehículo en el aire. Para lograr lo anteriormente mencionado es indispensable que el aerodeslizador cuente con un sistema de suspensión capaz de almacenar una presión suficiente para vencer la presión atmosférica.



Fuente: http://www.projectideasblog.com

Figura 3-1 Funcionamiento aerodeslizador.

Cómo se logra apreciar en la figura 3-1, el aire es introducido hacia el interior de la falda a través del sistema de sustentación (compuesto por hélices) con el fin de elevar la presión dentro de esta; el aire almacenado bajo la estructura del vehículo busca escapar por alguna parte, logrando ser evacuado por debajo de esté y en contra de la superficie por la cual se desplaza, permitiendo con esto la suspensión del vehículo.

Con el fin de lograr utilizar este principio se realizan grandes cantidades de ensayos como los realizados por Sir Cockerell; ver Capítulo 1, página 24.

La teoría fundamental que describe el principio de funcionamiento de este tipo de vehículos corresponde a la Teoría de colchón de aire (Air Cushion Theory).

Por conceptos de física se sabe que:

Determinación de la presión:

$$P = \frac{F[N]}{A\ [m^2]}$$

Donde:

F = Fuerza de suspensión.

A = Área inferior del vehículo

P = Presión del colchón de aire, presión que es igual a la diferencia de presiones entre la presión absoluta del sistema de suspensión y la presión atmosférica, capaz de administrar la fuerza de suspensión necesaria para producir la suspensión del vehículo.

Para obtener los datos necesarios para el cálculo de la presión se obtuvo la fuerza y área del vehículo. Los cálculos realizados se presentan a continuación:

3.1.2. Área del vehículo.

Para conocer el área del vehículo, se recurrió a la información que brinda el fabricante del bote que será utilizado como base para la construcción de este vehículo.

Largo y ancho: 351 [cm] x 145 [cm]; por lo tanto:

Área total del vehículo es de 5.09 [m^2]

A = 5.09 [m^2]

3.1.3. Fuerza de suspensión.

Sabiendo que el vehículo cuenta con un peso debido a los componentes que lo conforman, tomando en cuenta a los pasajeros y la carga que debe soportar, la fuerza de suspensión debe ser capaz de soportar el peso total del vehículo.

La masa total corresponde a la masa de cada uno de los elementos que conforman un Hovercraft (motor, hélice, ocupante, estructuras metálicas, etc.) La masa de cada uno de estos elementos está previamente definida. Ver tabla 2.1

La masa total estimada será de 150 [kg].

Para determinar la fuerza de suspensión se debe multiplicar la masa total del vehículo por la aceleración de gravedad. Por lo tanto, la fuerza es: m x g

$$F= 150 \text{ [kg]} \times 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]} = 1470 \text{ [N]}$$

$$F= 1470 \text{ [N]}$$

3.1.4. Presión Estática

La presión estática corresponde a la presión que ejerce el vehículo mientras se encuentra en reposo absoluto.

Para poder determinar la presión estática se debe dividir los valores obtenidos de área y fuerza de suspensión.

Por lo tanto, la presión estática corresponde a F/A

F = Fuerza de suspensión.

A = Área.

P = (1470 [N]) / (5.09 [m^2])

P = 288.80 [Pa]

3.1.5. Presión Total

La presión total corresponde a la suma entre la presión estática y la presión dinámica:

Pt = Pe + Pd

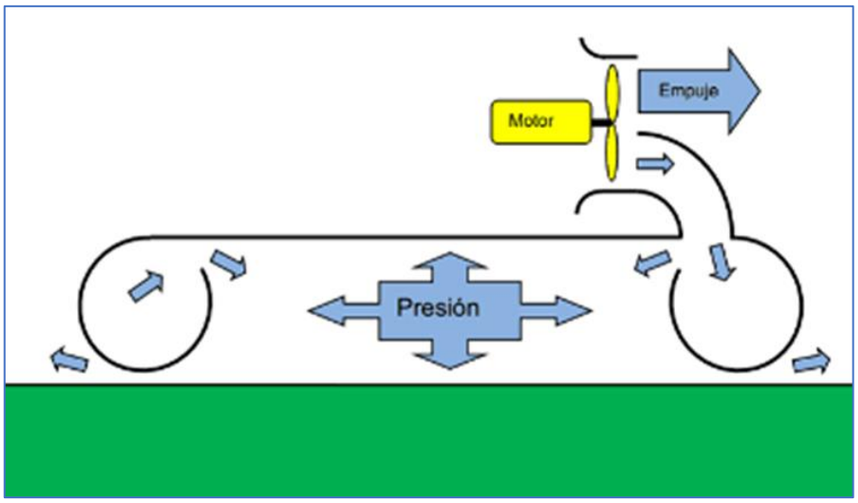
Pt = Presión total

Pe = Presión estática

Pd = Presión dinámica

En cálculos anteriores se determinó la presión estática, la cual corresponde a 288.80 [Pa].

Cabe destacar que la construcción de este vehículo se realiza a través de la base de un bote inflable previamente inflado, el cual mantiene en sus cámaras aire almacenado bajo presión en un circuito cerrado, por lo que la presión dinámica en este caso sería constante y equivalente a un valor 0, ya que, no existen pérdidas en las cámaras internas del bote.



Fuente: http://www.hovery.com

Figura 3-2 Diagrama de presión.

En la figura 3-2 se puede observar claramente lo mencionado; ya que queda a la vista que la presión ingresa al interior de la falda generando dentro de ella la presión dinámica para posteriormente salir y perderse en la atmósfera. Es por esto que al tener el bote con cámaras cerradas la presión dinámica vale 0 y solo se considera la presión estática para efectos de cálculos.

Lo mencionado anteriormente proporciona una ventaja desde un aspecto de suspensión del vehículo, ya que, si se hubiera empleado un sistema con una falda que generará una presión dinámica al interior el bote, se convertiría en inestable al agregar carga encima de la base. Esto porque al tener un lugar por donde salir cada vez que se agregue carga al vehículo la presión tendrá un descenso hasta lograr estabilizarse y quedar nuevamente inflado. Es por lo que, al emplear un bote inflado de forma constante, la presión generada debajo del bote solo es utilizada para su suspensión de este. Permitiendo mantener una estabilidad independiente a la carga que se agregue encima del bote; además de facilitar el proceso de construcción al no tener que confeccionar una falda para el vehículo lo cual generaría un costo adicional.

Por lo tanto; la presión total será:

Pt = 288.80 [Pa] + 0 (equivalente al valor de presión dinámica)

Pt = 288.80 [Pa]

3.1.6. Velocidad de escape o caudal de perdida.

Corresponde a la velocidad con la cual el caudal de aire suministrado por la hélice escapa por la parte inferior del vehículo, generado presión suficiente para elevarlo.

Para determinar la velocidad de escape se utilizará la siguiente ecuación:

$$Pt = ½ \rho V^2$$

Pt = presión total

ρ = densidad del aire a nivel del mar, (1.22 [kg/m^3])

De esta forma se tiene que la velocidad de escape es:

288.80 [Pa] = ½ (1.22 [kg/ m^3]) x V^2

$$V = \sqrt{\frac{(2x288.80[Pa])}{1.22\ [\frac{kg}{m^3}]}}$$

V = 21.76 [m/s]

3.1.7. Área de escape

El área de escape se define como el espacio por el cual se pierde aire constantemente al tener el vehículo suspendido. Es por esto, que al calcular el valor de área de escape, se debe tener en cuenta el lugar por donde se hará pasar el aire que vaya a llegar a la zona inferior para entrar en contacto con todo el perímetro del vehículo; ya que si se deja un paso menor al área de escape nunca llegará una cantidad de aire necesaria para suplir el aire que constantemente se pierda a través del área calculada y como consecuencia el vehículo no lograría levantar una presión suficiente para lograr la suspensión deseada.

Para calcular el área de escape previamente debemos calcular el perímetro del vehículo, ya que, el aire escapara por todo el contorno del vehículo.

Perímetro del vehículo:

Largo: 351 [cm]

Ancho: 145 [cm]

Perímetro = 2 x (351 [cm]) + 2 x (145 [cm])

Perímetro = 9.92 [m]

Si suponemos que el vehículo despegará de la superficie aproximadamente 2.54 [cm] (1 pulgada).

El área total de escape será igual al perímetro de la parte baja del colchón multiplicado por lo que uno desea despegar el vehículo del suelo.

$$\text{Área de escape} = 9.92\ [m] \times 0.0254\ [m] = 0.25\ [m^2]$$

Con estos datos obtenidos se puede determinar el volumen de aire perdido (Vp)

3.1.8. Volumen de aire perdido

El volumen de aire perdido se define como la cantidad de aire que saldrá por debajo de la falda del vehículo hacia el exterior, por lo que dicha cantidad de aire se perderá. De esto se concluye que para lograr la suspensión del vehículo se debe suministrar una cantidad de aire igual al volumen perdido más un porcentaje extra que permita una correcta suspensión del vehículo, ya que al suministrar una cantidad de aire menor al volumen perdido podría ocurrir que el vehículo se levante solo de un lado o simplemente no logre suspenderse y como consecuencia no funcione.

A continuación, se presentan los cálculos realizados para conocer el volumen de aire que se necesita para lograr la suspensión del vehículo diseñado, teniendo en cuenta las dimensiones y pesos previamente considerados.

Volumen de aire perdido:

$$Ap = Ea \times Ae$$

Donde:

Ap = Volumen de aire perdido

Ea = Velocidad de escape del aire

Ae = Área de escape del aire

Por lo tanto:

$$Ap = (21.76\ [m/s]) \times (0.25\ [m^2]) = 5.44\ [m^3/s]$$

El vehículo necesita 5.44 $[m^3/s]$ de aire a una presión de 288.80 [Pa].

3.1.9. Potencia Requerida

La potencia que se requiere se obtiene multiplicando el volumen de aire perdido, (sin incluir el volumen extra) y la presión estática requerida por el vehículo. De esta forma se puede conocer la potencia que se requiere para elevar el vehículo 0.0254[m] de la superficie:

$$Pot = (5.44\ [m^3/s]) \times (288.80\ [Pa])$$

$$Pot = 1571.1\ [Watts]\ 2.1\ [HP]$$

3.2. PROPULSIÓN DEL VEHÍCULO.

Permite determinar la potencia y las revoluciones para que la hélice pueda generar el empuje necesario para el desplazamiento del vehículo.

El aerodeslizador debe ser capaz de transitar evitando la fricción propia de estar en contacto sobre la superficie por la cual transita. Al no tener un contacto directo entre dos objetos la fuerza de empuje requerida es mucho menor que en otra clase de vehículos.

Fuente: https://www.neoterichovercraft.com/

Figura 3-3 Distribución de aire Hovercraft

3.2.1. Teoría del sistema de propulsión

Para generar el desplazamiento, los aerodeslizadores cuentan con un sistema de propulsión el cual genera una fuerza de empuje necesaria para mover el vehículo (ver Figura 3-3).

Para estimar la fuerza de empuje Fe se utiliza la siguiente ecuación:

Fuerza de empuje:

$$Fe = \frac{(At\ x\ \rho\ x\ Vv^2 x\ Cd)}{2}$$

Donde:

Fe = Fuerza de empuje

At = Área frontal total

ρ = Densidad del aire

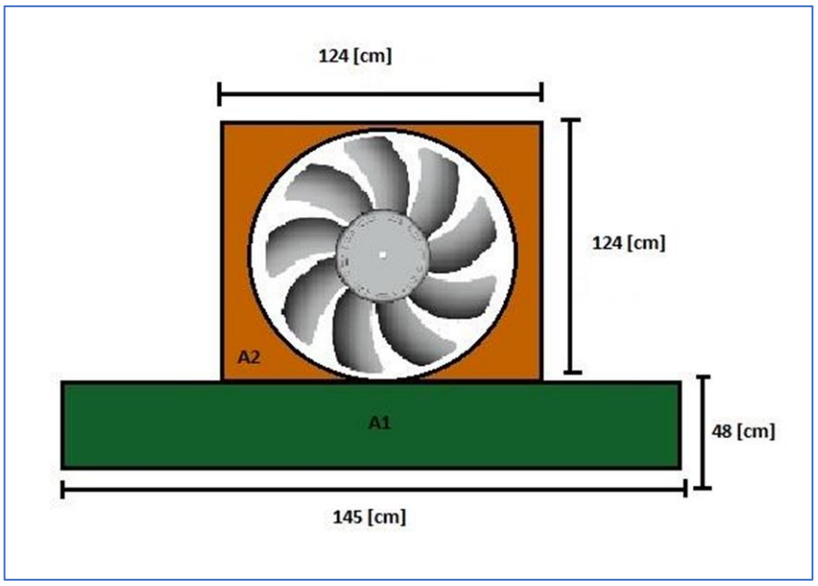
Vv = Velocidad de desplazamiento

Cd = Coeficiente de arrastre

Para resolver esta ecuación se debe determinar el área frontal total de nuestro vehículo la cual se muestra de forma gráfica en la figura 3-4, y se determina a través de la siguiente ecuación:

Área total:

$$At = A1 + A2$$



Fuente: Autor, basado en diseño de Hovercraft.

Figura 3-4 Área frontal Hovercraft.

Para determinar Área 1:

Área 1 = 145 [cm] x 48 [cm]

Área 1 = 0.7 [m^2]

Para determinar Área 2: (Diámetro de la hélice 114 [cm])

A2 = Área sección superior - Área de la hélice. (Se resta el área de la hélice ya que está parte es hueca.)

A2 = (124 [cm] x 124 [cm]) - ((3.14x $[114]^2$) /4)

A2 = 15376 [cm^2] - 10202 [cm^2]

A2 = 1.54 [cm^2] - 1.02 [cm^2]

A2 = 0.52 [cm^2]

Reemplazando estos valores en la ecuación de Área total:

At = 0.7 [cm^2] + 0.52 [cm^2]

At = 1.22 [cm^2]

Una vez determinado este valor se procede a calcular la fuerza de empuje necesaria para generar el desplazamiento del vehículo utilizando la ecuación mostrada anteriormente. Ver punto 3.2.1

<u>Fuerza de empuje:</u>

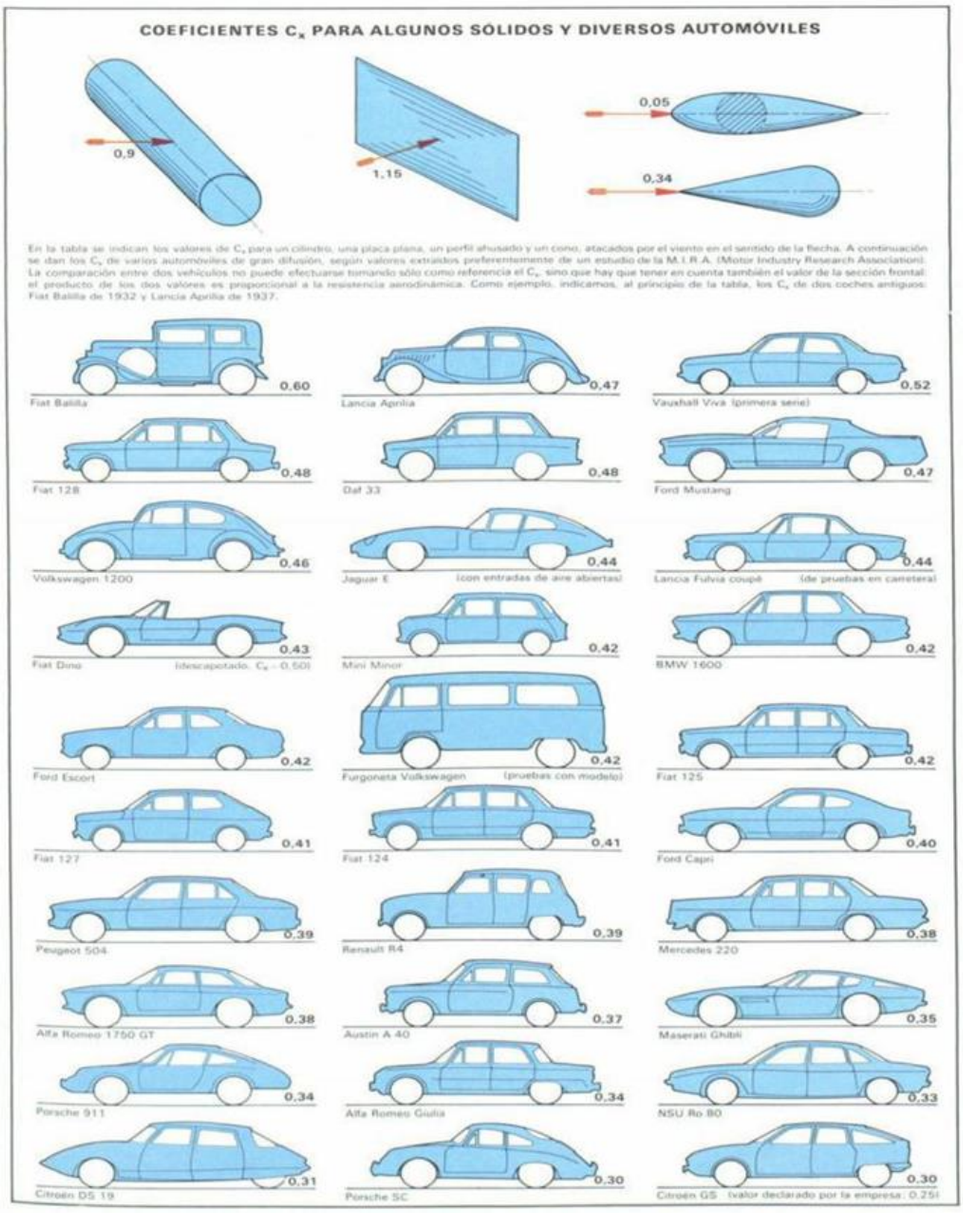
$$Fe = \frac{1.22\left[m^2\right]x1.22\left[\frac{Kg}{m^3}\right]x\left(4.17\left[\frac{m}{s}\right]\right)^2 x0.6}{2}$$

$$Fe = 7.77\ [N]$$

En conclusión, la hélice necesita generar 7.77 [N] o 0.79 [kgf], para desplazar el vehículo. Esto suponiendo un entorno ideal, es decir, sin viento en contra.

Para realizar esta ecuación se asume una velocidad (Vv) de 15 [km/h] debido a que estos vehículos no cuentan con un sistema de frenos, por lo que si se excede en la velocidad se pone en riesgo la integridad del piloto y de la comunidad.

En el caso del coeficiente de arrastre (Cd) se asume un valor similar al coeficiente de arrastre de los vehículos, ya que, son uno de los medios de transportes más conocidos, lo que permite y facilita una mayor comprensión a la hora de realizar la comparación. El cual se mantiene en un valor de 0.5 a 0.8. (Ver Figura 3-5)



Fuente: http://www.technicalcourses.net/

Figura 3-5 Coeficiente de arrastre.

En la Figura 3-5, se logra apreciar distintos modelos automotrices, cada uno de ellos con su respectivo coeficiente de roce. Dicho coeficiente de roce se aplica a los Hovercraft, ya que, a pesar de suspenderse en el aire, siempre existe un pequeño roce contra la superficie.

A continuación, se presenta la siguiente Tabla 3-1, que indica datos que están asociados al funcionamiento del vehículo. Cabe destacar, que estos datos toman relevancia al querer poner en marcha el vehículo, ya que, de no cumplir con las velocidades y presiones necesarias, el vehículo simplemente no va a funcionar, ya que los datos aquí expuestos son los valores mínimos para lograr un correcto funcionamiento del Hovercraft a diseñar.

Tabla 3-1 Valores obtenidos a través de cálculos.

Datos	**Valores**
Área	5.09 [m^2]
Fuerza de suspensión	1470 [N]
Presión estática	288.80 [Pa]
Presión dinámica	0 [Pa]
Presión total	288.80 [Pa]
Velocidad de escape	21.76 [m/s]
Área de escape	0.25 [m^2]
Volumen de aire perdido	5.44 [m^3/s]
Fuerza de empuje	7.77 [N]

Fuente: Autor, basado en cálculos desarrollados.

CAPÍTULO 4: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE HOVERCRAFT BÁSICO.

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE HOVERCRAFT BÁSICO.

A partir de las diferentes configuraciones expuestas en los capítulos anteriores, se procede a escoger cuál es la más práctica para la elaboración del aerodeslizador, enmarcada en la realidad de los Hovercraft en Chile. La cual se destaca por la escasez de recursos y especialistas en torno a su construcción y diseño. Debido a esto, este proceso de diseño y construcción fue abordado desde una perspectiva sustentable, cuyo fin es la reutilización de objetos los cuales no cumplen directamente con la finalidad de un vehículo de colchón de aire, pero si pueden ser modificados para su uso.

4.1. ELABORACIÓN DE DISEÑO PRELIMINAR:

Se diseñó un prototipo el cual se viera confortable, a partir de esta idea, se tomó la decisión de que la estructura principal estuviera constituida por un bote previamente inflado en vez de una estructura la cual se infla debido y únicamente al funcionamiento del motor en conjunto con su sistema de suspensión. Al mismo tiempo al tener una estructura previamente inflada, otorga mayor estabilidad a la hora de operar el vehículo, ya que, no existe una fuga permanente de aire por lo que no existe una diferencia de presión ni de caudal.

4.1.1. Adquisición de bote inflable:

Una vez realizado dichos análisis, se lleva a cabo la compra y adquisición de un bote inflable usado, marca Index, modelo Seahawk 4 (ver Figura 4-1); el cual cuenta con dimensiones de 351x145x48 [cm] respectivamente. Este bote trae 3 cámaras independientes fabricadas de vinilo resistente, facilitando con esto una mayor maniobrabilidad a la hora de comenzar a construir. Este equipo soporta un peso máximo de 400 [kg] otorgando confiabilidad y seguridad respecto al montaje y ocupación.

Fuente: https://concepciondeluruguay.olx.com.ar/

Figura 4-1 Bote Seahawk 4.

4.1.2. Adquisición de motor a combustión interna (MCI):

La adquisición de un MCI se realiza mediante donación por parte de la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar. Este corresponde a un motor marca LCT (Liquid Combustion Technology), modelo PGM45005 (ver Figura 4-2). A continuación, se muestran las especificaciones técnicas entregadas por el fabricante correspondiente al motor señalado.

Tabla 4-1 Especificaciones técnicas motor LCT, PGM45005

Máxima velocidad	3850 ±150 rpm
Velocidad de la marcha mínima	2150±50 rpm
Compresión	8.5:1
Desplazamiento	208cc
Manga de hierro fundido	Si
Diámetro-Carrera	70mm x 54mm
Combustible	Gasolina
Liberación de compresión	Si
Peso en seco	36.0 lbs. (15kg)
Apagado por bajo nivel de aceite	Si está provisto
Válvula de apagado de combustible	Si

Fuente: Manual de Fabricante LCT ENGINES

Fuente: Fotografía tomada en taller Mecánica automotriz

Figura 4-2 Motor LCT, PGM45005

El propósito de este motor es generar a través de un mecanismo de transmisión, el movimiento de la hélice, la cual se encarga de proporcionar caudal suficiente para satisfacer el sistema de suspensión y propulsión cumpliendo con el propósito básico de un Hovercraft.

4.1.3. Adquisición de hélice:

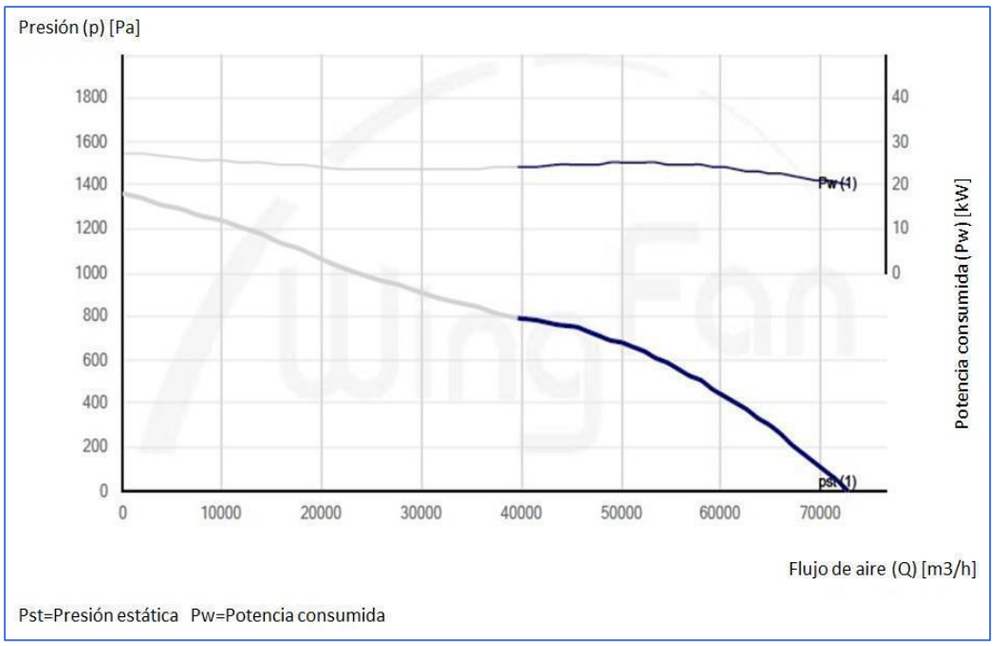
Debido al poco o nulo mercado de hélices y ventiladores, en conjunto con su alto costo adquisitivo es que se complica encontrar elementos, que cumplan específicamente con los requerimientos funcionales del Hovercraft.

Durante un tiempo de dos meses de búsqueda, se logra encontrar un ventilador marca Wing-fan, modelo P5ZR de 16 palas (ver Figura 4-3). Una vez recibida la hélice, se procede a inspeccionar visualmente su integridad física, comprobando que esta se encontrara en buen estado, sin golpes o raspaduras; se limpia cada una de sus palas en conjunto con sus pernos y su centro.

Fuente: Fotografía tomada en Starken el Salto.

Figura 4-3 Recepción de hélice.

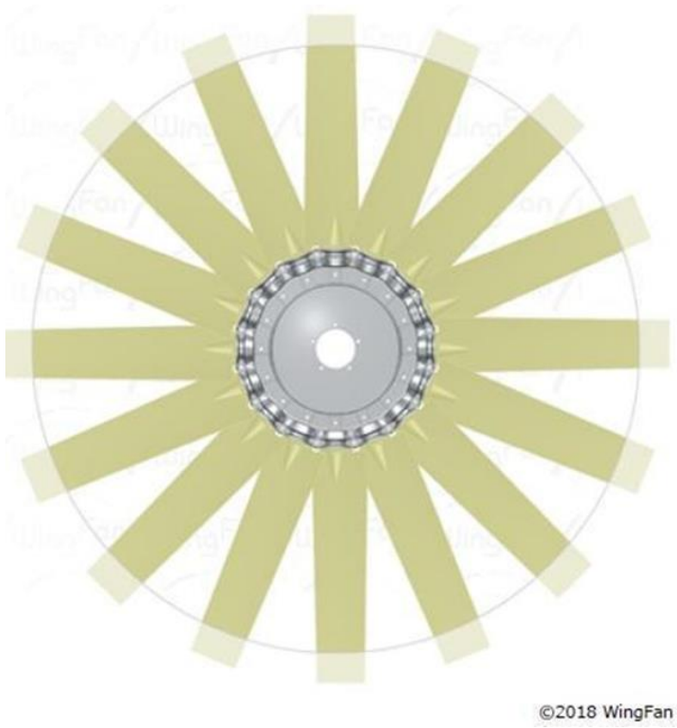
Como se menciona al principio de este capítulo, la aplicación de este ventilador no está destinada directamente a un Hovercraft, más bien su aplicación está relacionada con sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado respectivamente. Independientemente de su uso o aplicación, lo que realmente nos interesa es el caudal y presión que es capaz de entregar.



Fuente: Manual de fabricante WINGFAN LTD.

Figura 4-4 Ventilador P5ZR de 16 palas

En esta grafico se logra interpretar valores como Presión [Pa], Caudal [m^3/h] y Potencia consumida [kW] a una velocidad constante 1,500 [rpm]. Se puede destacar el caudal máximo a entregar por este ventilador el cual es de 70,000 [m^3/h], mientras más caudal se tiene menor será la presión. Al mismo tiempo se puede identificar una zona de color azul oscuro, la cual representa el funcionamiento óptimo del ventilador. Cabe destacar que la Potencia consumida se mantiene prácticamente constante.



Fuente: Manual de fabricante WINGFAN LTD.

Figura 4-5 Imagen referencial ventilador P5ZR

4.2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

A continuación, se desarrolla la parte constructiva de este proyecto, donde se darán a conocer los procedimientos y metodologías para lograr la construcción de este vehículo.

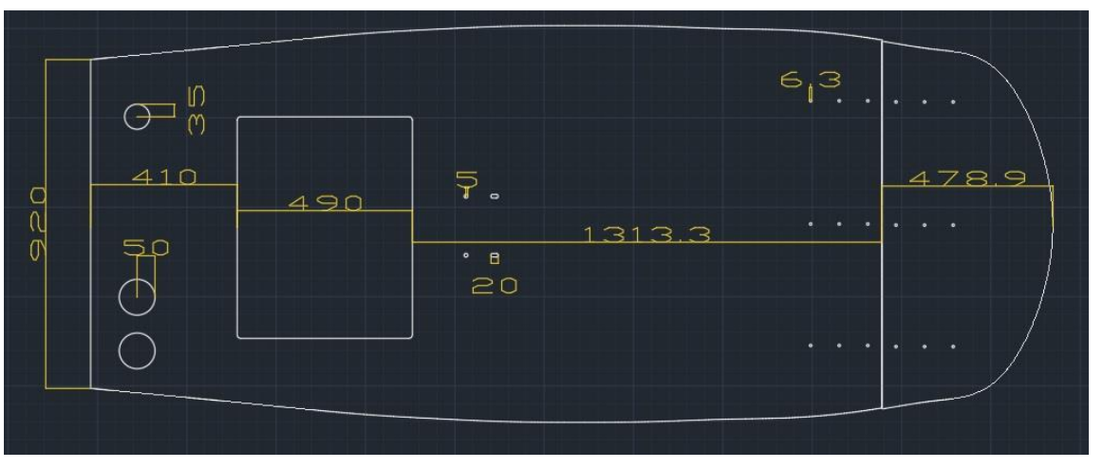
4.2.1. Base de Hovercraft

Como se menciona anteriormente se decidió utilizar como base de este aerodeslizador un bote inflable marca Index, cuyo fin es ser el pilar que sustenta todos y cada uno de los elementos que conforman un aerodeslizador (motor, hélice, ocupante, etc.). Además, tiene como misión generar con sus paredes una especie de cámara, la cual almacene aire bajo presión permitiendo con esto la existencia de un “colchón de aire” cumpliendo con el principio fundamental para la construcción de un Hovercraft.

4.2.2. Estructura de terciado.

Con el fin de sellar la parte superior del bote, y fabricar una estructura rígida, la cual brinde impermeabilidad impidiendo que el aire suministrado hacia el inferior del bote escape hacia la parte superior, manteniéndolo bajo presión y generando con esto un "colchón de aire"; es que se procede a diseñar y construir una estructura de terciado de 15 [mm] de espesor, con un diseño correspondiente a las dimensiones y accesorios del bote (ver Figura 4-8). Al mismo tiempo, esta estructura permite y facilita el montaje del motor en conjunto con la hélice, funcionando como soporte.

Para realizar el corte de terciado se dibuja a través del programa AutoCAD la estructura de acuerdo con las medidas y formas correspondientes (ver Figura 4-6). Los cortes se realizan en el taller de la carrera Diseño y Manufactura Mecánica mediante la máquina ROUTER CNC (ver Figura 4-7).



Fuente: Elaboración de autor en programa AutoCAD.

Figura 4-6 Dibujo AutoCAD

Fuente: Fotografía tomada en Taller de Diseño y Manufactura, Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 4-7 Máquina ROUTER CNC

Fuente: Fotografía tomada en Taller de Mecánica Automotriz, Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 4-8 Estructura de terciado.

4.2.3. Estructura metálica.

Debido al peso que debe soportar el bote en conjunto con la estructura de terciado, se construye una estructura metálica con perfiles de fierro de 30x30x3 [mm] con el fin de generar y brindar un mayor apoyo y soporte al vehículo, evitando una posible rotura de la plancha de terciado. Dicha estructura fue soldada por los autores en el Taller de Mecánica Automotriz de la Universidad Federico Santa María (ver Figura 4-9).

Fuente: Fotografía tomada en Taller de Mecánica Automotriz, Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 4-9 Proceso de soldadura.

Una vez soldada la estructura metálica, se pule la estructura con un disco de desbaste con fin de remover el exceso de soldadura, brindando con esto una superficie plana y regular.

Fuente: Fotografía tomada en Taller de Mecánica Automotriz, Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 4-10 Estructura metálica.

Con el propósito de unir la plancha de terciado junto a la estructura metálica se perforan ambas estructuras con pernos y tuercas, quedando compactadas en una sola pieza (ver Figura 4-10). Cabe destacar, que la estructura metálica está destinada a ir por debajo de la estructura de terciado.

4.2.4. Motor Hovercraft.

Se verifica el funcionamiento del motor LCT PGM 45005, ya que este está fuera de uso hace aproximadamente un año. Se realiza una inspección visual con el fin de reconocer la existencia de todos sus componentes y correcta instalación. Gracias a esta inspección, se logró identificar un cable cortado el cual correspondía al interruptor ON/OFF de la bobina de encendido; se reparó. Posteriormente, se observa el estado de la bujía y se decide que esta fuese reemplazada por una nueva. Junto a esto, se inspeccionan los niveles de combustible y aceite lubricante, siendo este último llenado con aceite mineral AMALIE 10W30, especificado por el fabricante (ver Figura 4-11).

Fuente: Fotografía tomada en Taller de Mecánica Automotriz, Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 4-11 Aceite lubricante AMALIE SAE 10W30

Una vez realizada la primera evaluación, se da arranque al motor. Esta vez, se percibe un funcionamiento disparejo, y un comportamiento inestable; al momento de proceder a acelerar el motor, este aumenta sus rpm considerablemente, pero al mismo tiempo, disminuyen abruptamente incluso llegando al punto de apagarse. Debido a esto, se desarma y limpia el carburador con el fin de comprobar y descartar una posible falla la cual fuera la causa del comportamiento anteriormente señalado (ver Figura 4-12).

Fuente: Fotografía tomada en Taller de Mecánica Automotriz, Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 4-12 Limpieza de carburador, motor LCT.

Durante el proceso de limpieza, se desarma el carburador por completo; se logra observar algo de suciedad producto del tiempo de servicio, pero nada evidentemente contaminado. Luego de la limpieza de carburador se da arranque nuevamente al motor, dando cuenta de un mejor funcionamiento; no siendo este totalmente satisfactorio. Se efectúa un estudio del manual brindado por el fabricante, donde se indica la correcta operación de una “palanca de estrangulador” la cual debe permanecer en posición “ENCENDIDO”, enriqueciendo la mezcla de combustible, facilitando el arranque y funcionamiento del motor en frío. La posición opuesta proporciona la mezcla de combustible correcta para la operación después de que se caliente el motor. Debido al desconocimiento de esto, es que el motor mantenía un comportamiento inestable poniendo en duda su correcto funcionamiento.

A pesar de esto se decide remover el sistema de aceleración original del motor, ya que este no permite realizar una aceleración manual por parte del operario sino más bien mantiene un régimen de trabajo establecido por fabricante a 2000 ± 2150 RPM. Para realizar la aceleración manual se remueve un supuesto gobernador el cual no permite

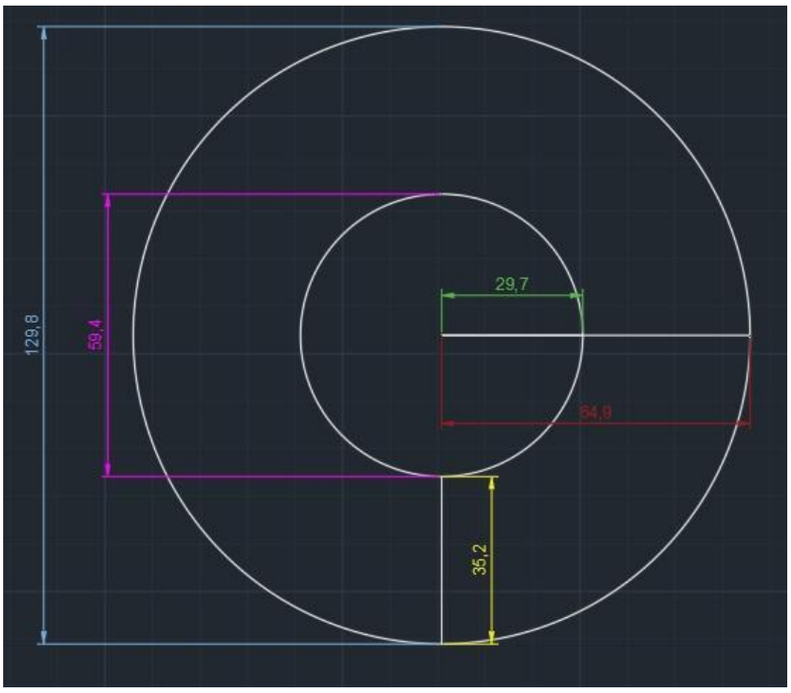
realizar una aceleración libremente (ver Figura 4-13); dejándolo invalidado y permitiendo realizar la aceleración mediante el uso de piolas por parte del operador del vehículo. Paso de ser un motor de RPM constantes a uno de RPM variables. Debido a que este motor no está destinado para alcanzar altas revoluciones por minuto se decide establecer como velocidad de máxima ±3500 RPM.

Fuente: Fotografía tomada en Taller de Mecánica Automotriz, Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 4-13 Proceso de invalidación de gobernador.

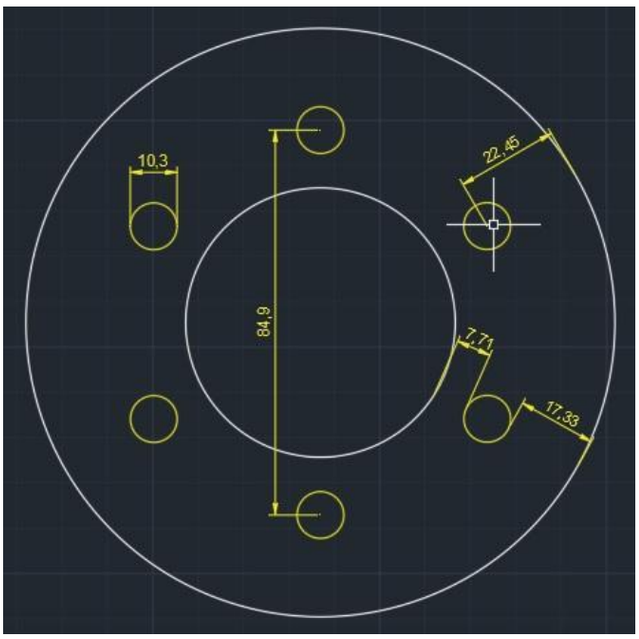
4.2.5. Hélice Hovercraft.

Con el propósito de conectar la hélice con el motor a combustión interna, se diseña a través del programa AutoCAD un plato, el cual sostiene mediante pernos la hélice (ver Figura 4-14 y 4-15). Al mismo tiempo se diseña su respectivo eje de transmisión mediante el cual se logra transmitir el movimiento rotatorio del eje de salida del motor al plato de la hélice, permitiendo con esto el giro y funcionamiento de la hélice.



Fuente: Elaboración de autor en programa AutoCAD.

Figura 4-14 Diseño de plato para hélice.



Fuente: Elaboración de autor en programa AutoCAD.

Figura 4-15 Diseño de plato para hélice con sus respectivos agujeros.

4.2.6. Eje de transmisión.

Para llevar a cabo la construcción del eje de transmisión, se realizan diversas mediciones en torno a la distancia entre el plato de la hélice y el eje de salida del motor, logrando definir el largo y ancho del eje. Se toma la decisión de realizar la transmisión mediante el uso de una correa dentada A-52 (ver Figura 4-17). Al mismo tiempo se realiza la construcción de una estructura metálica con el fin de soportar el eje junto con la hélice (ver Figura 4-16).

Fuente: Fotografía tomada en Taller de Mecánica Automotriz, Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 4-16 Eje de transmisión

4.2.7. Prueba motor-hélice.

Para comprobar el correcto funcionamiento del motor en conjunto con la hélice se da arranque al motor, el cual debiese arrancar sin problema alguno debido a los cálculos realizados en el Capítulo 3. Se da cuenta de una incapacidad por parte de este de encender debido a la carga que genera la hélice en conjunto con la tensión a la correa más la carga que implica mover el eje de transmisión.

En palabras simples el motor no cuenta con la potencia necesaria para funcionar y generar un trabajo el cual fuese transmitido a la hélice.

Fuente: Fotografía tomada en Taller de Mecánica Automotriz, Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 4-17 Prueba motor-hélice

Con el propósito de solucionar dicho problema, se crea un sistema de embrague el cual, mediante un tensor y dos posiciones fijas, permite quitar tensión a la correa de transmisión facilitando con esto el encendido del motor (ver Figura 4-18). Una vez el motor está encendido, se procede a tensar la correa moviendo el sistema anteriormente mencionado a la siguiente posición.

Fuente: Fotografía tomada en Taller de Mecánica Automotriz, Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 4-18 Sistema de embrague.

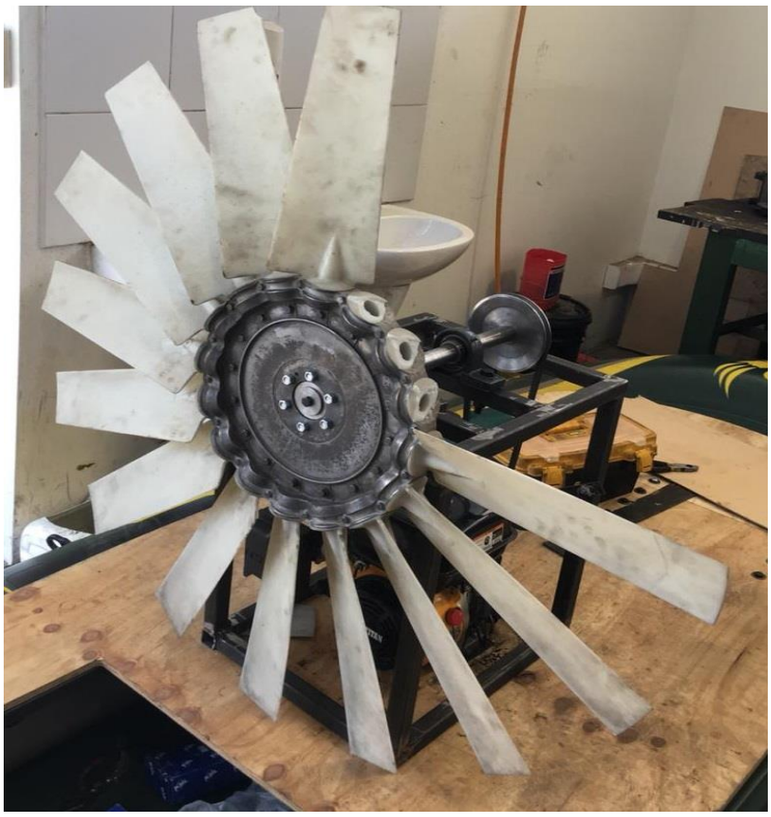
Se da arranque al motor nuevamente, poniendo a prueba el sistema descrito anteriormente. Esta vez el motor enciende, la correa comienza a patinar debido a la poca tensión existente en esta, se tensa la correa aumentando la carga al motor, este último reacciona de buena manera siendo capaz de aumentar su velocidad y generar el movimiento de la hélice.

4.2.8. Fractura de la hélice.

Luego de haber diseñado y probado el sistema de embrague para lograr un acople progresivo de la hélice al motor, se llevan a cabo dos pruebas. La última de ellas con un desenlace negativo, ya que, al estar girando la hélice en ralentí, sufre una falla catastrófica que trajo como consecuencia el desprendimiento de tres de sus palas (ver Figura 4-19 y 4-20). Dicha falla deja la hélice desbalanceada y sin posibilidad de uso para el proyecto en desarrollo, por lo que tras realizar un análisis de la situación en conjunto al profesor guía se toma la decisión de darle término al proyecto; principalmente por la imposibilidad de conseguir otra hélice, ya que en el mercado nacional son muy escasas y con un costo adquisitivo muy alto lo que está fuera de nuestro presupuesto.

Fuente: Fotografía tomada en Taller de Mecánica Automotriz, Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 4-19 Falla de Hélice



Fuente: Fotografía tomada en Taller de Mecánica Automotriz, Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 4-20 Rotura hélice.

4.2.9. Análisis de falla en la hélice.

Al analizar la falla ocurrida en la hélice se deben considerar varios aspectos, específicamente al uso de esta y del desgaste previo que tenía. Al momento de realizar la adquisición de la hélice, se tenía en cuenta que esta era parte de un lote de hélices que en su momento fueron empleadas en sistemas de aire acondicionado con fines de refrigeración, por lo que se desconocían las horas de uso y el modo de funcionamiento de esta. Por otra parte, se presenta un factor no menor respecto al modo de almacenamiento posterior al momento de haber sido removida de la industria, ya que por los antecedentes que se manejan, la hélice se encontraba almacenada en un terreno expuesta a diferentes cambios de temperatura y a una constante exposición al sol. Súmese el traslado de esta dentro y fuera del país.

En síntesis, se cree que el motivo de la fractura de las tres palas de la hélice pudiera ser:

- Una fatiga de material provocado por horas desconocidas de trabajo.
- Producto de un mal almacenamiento en bodegas.
- Exposición a diferentes temperaturas.
- Traslado de esta dentro y fuera del país.
- Velocidad de giro excesiva (sobre 2,000 RPM)

4.2.10. Sistema de dirección.

Para lograr un funcionamiento real de un aerodeslizador nace la necesidad de desviar y redireccionar el caudal suministrado por la hélice. En este caso específicamente, el caudal de aire será dirigido mediante dos palas o deflectores los cuales al encontrarse cerrados cubran un 80% del diámetro de la hélice. Lo que se logra con esto es enviar el flujo de aire hacia la dirección en que se quiere mover el vehículo, permitiendo con esto que el conductor tenga el control total del Hovercraft.

Se pensó en un sistema con dos palas rectangulares las cuales funcionaran como deflectores de aire; dichos deflectores se apoyan en un punto en común permitiendo con esto que ambos se muevan al mismo tiempo, logrando redireccionar el aire. El sistema de dirección se realiza a través del uso de un manubrio el cual mediante cables logra mover los deflectores generando el cambio en el sentido del aire. (ver Figura 4-21).

Fuente: https://britishhovercraft.com/

Figura 4-21 Sistema de dirección

1.- Barra de dirección.

2.- Cables tensores

3.- Pivote

4.- Deflector

Cabe destacar que el sistema de dirección no se logró concretar, ya que, producto de la falla con la hélice no se continuo el proyecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de la realización de este proyecto, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Este proyecto resultó ser un desafío grande, desde el ámbito teórico y práctico, en el cual se presentaron diversos y constantes problemas, de los cuales, se obtuvieron aprendizajes logrando desarrollar la capacidad de enfrentar dificultades y darles soluciones prácticas.

A pesar de no obtener el resultado esperado, se puede decir, que se puso en práctica los conocimientos entregados por la universidad siendo capaces de sortear las dificultades planteadas.

Este proyecto necesita de recursos económicos que otorguen seguridad a los estudiantes tanto física como objetivamente.

En caso de querer retomar este proyecto, se recomienda la utilización de un motor a combustión interna de dos cilindros (mayor potencia) y una hélice nueva la cual brinde seguridad a la hora de ser accionada.

Para futuros proyectos prácticos de la carrera Técnico en Mecánica Automotriz se sugiere a los directivos (jefe de carrera, director de sede), habilitar un espacio exclusivo para alumnos memoristas los cuales brinden facilidad para realizar trabajos de esta envergadura.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN

HERRING, Sharolyn, FITZGERALD, Christopher. History of the Hovercraft. [en línea] <https://archive.neoterichovercraft.com/general_info/historyof.htm> [consulta: 23 agosto 2018].

LIQUID COMBUSTION TECHNOLOGY. Manual de Operación Motor PGM45005. [en línea]. <C:\Users\lukaseichholtz\Desktop\Memoria\Hovercraft\PGM45005_EngMan_revM_tri_010518.pdf> [consulta:7 septiembre 2018].

PETER J. MANTLE. High-Speed Marine Craft: One Hundred Knots at Sea. [en línea] <https://books.google.cl/books> [consulta: 14 agosto 2018].

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Definición Aerodinos. [en línea]. <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=aerodino> [consulta: 4 agosto 2018]

TORRES P, Israel, VÁZQUEZ R, Nicolás, VILLA R, Víctor. Cálculos Aerodeslizador. [en línea] <C:\Users\lukaseichholtz\Desktop\Memoria\Hovercraft\Calculos.pdf> [consulta: 10 septiembre 2018]

WINGFAN. Curva Característica Ventilador P5ZR [en línea] <C:\Users\lukas eichholtz\Desktop\Memoria\Hovercraft\Helice_37,5°.pdf> [consulta: 4 septiembre 2018]