



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

INGENIERÍA MECÁNICA

BATPET

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

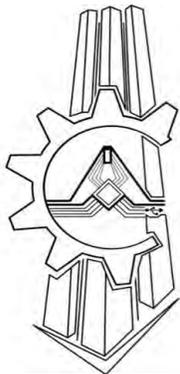
P R E S E N T A:

ALVARADO MENDOZA ANGEL ALEJANDRO

DIRECTOR DE TESIS :

M. EN I. HUMBERTO MANCILLA ALONSO

Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México junio 2018





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

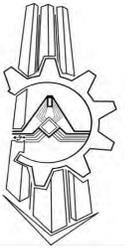
DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



TESIS

BATPET

(Diseño conceptual de un ornitóptero basado en un murciélago)



QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

P R E S E N T A:

ALVARADO MENDOZA ANGEL ALEJANDRO

DIRECTOR DE TESIS :

M. EN I. HUMBERTO MANCILLA ALONSO

Nezahualcóyotl, estado de México junio 2018

RESUMEN

El proyecto presenta el diseño conceptual de un ornitóptero, que a partir del estudio de la especie de los quirópteros (murciélagos), en particular la familia Pteropodidae, nombrado *Acerodon Jubatus* o conocido como “el zorro volador”. Con el apoyo de análisis biocinéticos se elaboraron una serie de modelos que impulsaron la creación del prototipo del ornitóptero. El proceso metodológico de la biónica, le da orden y sentido a la estructura del presente documento.

ABSTRACT

The project presents the conceptual design of an ornithopter, that from the study of the species of bats, in particular the family Pteropodidae, named *Acerodon Jubatus* or known as "the flying fox". With the support of biokinetic analysis, a series of models were developed that promoted the creation of the ornithopter prototype. The methodological process the bionic, gives order and meaning to the structure of this document.

JURADO

M. EN I. HUMBERTO MANCILLA ALONSO (ASESOR)

M. EN D. HERMOGENES GUSTAVO ROJAS COCA

M. EN ARQ. PATRICIA DÍAZ PÉREZ

M. EN I. RIVERA CORTÉS SMYRNA VANESSA

M. EN I. SABINO HENRY ESCAMILLA TOLOZA

AGRADECIMIENTOS

Valde, Martha y Chucho, gracias a ustedes soy lo que soy en este momento, a ustedes en especial le debo este logro. Gracias papá por ser duro conmigo, por exigirme cada día no sabes cuánto aprecio eso, gracias a eso me forjaste carácter para tomar decisiones en la vida. Mami vivimos cosas difíciles y más usted, pero a pesar de todo siempre estuvo a mi lado, sé que no soy un hijo fácil y a pesar de eso confió en mí, gracias por eso mami no sabe cuánto la amo.

A mis queridos abuelitos, no saben lo agradecido que estoy por haberme dado esa oportunidad criarme, ustedes son mis segundos padres gracias haberme soportado mis locuras tanto tiempo, recuerden que lo prometido es deuda y cumplo mi promesa. A mis tíos gracias por todo su amor no saben lo agradecido que estoy.

Karen y Yael muchas gracias, me han dado muchas lecciones en muy poco tiempo, me dieron una familia y me demostraron que la vida no es fácil, que está llena de emociones, de aventuras, de decepciones, de tristezas, pero a pesar de todo siempre están a mi lado. Gracias Amor por darme a Ian, ustedes son mi orgullo y motivación que me impulsa a superarme día con día para ofrecerles lo mejor.

Agradezco a mis profesores que me orientaron, ya que, sin importar sus responsabilidades, actividades diarias, se tomaron el tiempo para aconsejarme, guiarme y motivarme a concluir esta meta y no solo eso a ver más allá de ella.

La Facultad De Estudios Superiores Aragón me abrió sus puertas a un mundo nuevo, las enseñanzas que me ha brindado son incomparables, me abrió un mundo de oportunidades gracias por todas las enseñanzas y lecciones de vida.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS PARTICULARES	4
CAPÍTULO 1	5
1.1 BREVE RESEÑA DE LA BIÓNICA Y ESTE PROYECTO.....	6
1.1.1 La biónica como aproximación	6
1.2 ORNITÓPTERO	7
1.3 BIOMECÁNICA ANIMAL	8
1.3.1 BIODINÁMICA	9
1.3.1.1 La Biocinemática.....	9
1.3.1.2 La Biocinética.....	9
1.3.2 La Biostática	9
1.4 EL VUELO ANIMAL.....	10
1.4.1 ¿Cuánto cuesta volar?.....	12
1.4.2 Tucos aerodinámicos en el reino animal	13
1.5 LOS MURCIÉLAGOS.....	14
1.5.1 Las alas del murciélago	15
1.5.2 Murciélago zorro volador filipino (Acerodon jubatus)	16
1.6 CONCEPTOS FÍSICOS BÁSICOS DEL ORNITÓPTERO.....	17
1.6.1 Área.....	17
1.6.2 Engrane	17
1.6.3 Fuerza de arrastre	17
1.6.4 Potencia.....	17
1.6.5 Torque	18
1.6.6 Velocidad angular	18
1.6.7 Velocidad lineal	18
CAPÍTULO 2	19
2.1 ANÁLISIS BIOCINEMÁTICO DE ZORRO VOLADOR.....	20
2.2 DISEÑO CONCEPTUAL	22
2.2.1 MODELO 1.....	22
2.2.2 MODELO 2.....	26

2.2.3 MODELO 3.....	29
2.3 CÁLCULOS DISEÑO DE DISEÑO CONCEPTUAL	37
2.3.1 Velocidad angular	38
2.3.2 Velocidad lineal	39
2.3.3 Fuerza de arrastre	39
2.3.4 Torque	40
2.3.5 Potencia.....	40
2.3.6 Caja de engranes	41
2.3.7 Número de dientes de los engranes	43
2.3.8 Par torque y potencia de engranes	44
2.3.9 Paso diametral	45
2.3.10 Valor de carga transmitida	46
2.3.11 Fuerza radial.....	47
2.3.12 Paso circular	47
2.3.13 Adendo	48
2.3.14 Dedendo	48
2.3.15 Clerance (holgura) mott 315	49
2.3.16 Diámetro exterior	49
2.3.17 Diámetro de raíz.....	50
2.3.18 Altura total	50
2.3.19 Profundidad de trabajo	51
2.3.20 Espesor del diente en el paso circular	51
2.3.22 Distancia entre centros	52
2.3.23 Espesor.....	52
2.3.24 Esfuerzo flexionante de dientes.....	53
2.4 ARMADO DE PROTOTIPO	58
CAPÍTULO 3.....	59
3.1 Modelos y Prototipo	60
• Modelo 1	60
3.2 EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO.....	62
Conclusiones.....	63
Trabajo a futuro	64
Anexos.....	65
3.1 Materiales ocupados	65

3.1.1 Fibra de carbono.....	65
3.1.1.1 Estructura.....	65
3.1.1.2 Propiedades	66
3.1.1.3 Usos.....	67
3.2 Motor Brushless TURNIGY D2826/6 2200KV	68
3.3 Batería Lipo 1AH 11.1V 1000mAh 3S	69
3.3.1 Cuidados de las baterías lipo:	70
3.4 Control y Receptor HK 2.4GHz de 4 Canales (Modo 2).....	71
3.5 Speed Control para Motor Brushless 40ª.....	72
3.6 Nylon	73
Bibliografía.....	74

Índice de imágenes

Imagen 1 Prototipo BatPet.....	3
Imagen 2 Ornitóptero de Leonardo Da Vinci (Historia, 2018)	6
Imagen 3 Reptil mecánico (piojillos, 2017)	8
Imagen 4 Murciélago (Camarena, 2017).....	14
Imagen 5 Morfología de un murciélago (trome, 2016)	15
Imagen 6 Ala de un murciélago (WIKIPEDIA, 2016).....	15
Imagen 7 Zorro volador (animales extinción, 2017)	16
Imagen 8 Captura 1 murciélago (channel, 2016)	20
Imagen 9 Captura 2 murciélago (channel, 2016)	20
Imagen 10 Captura 3 murciélago (channel, 2016)	20
Imagen 11 Captura 4 murciélago (channel, 2016)	20
Imagen 12 Captura 5 murciélago (channel, 2016)	21
Imagen 13 Captura 6 murciélago (channel, 2016)	21
Imagen 14 Captura 7 murciélago (channel, 2016)	21
Imagen 15 Modelo retraído	22
Imagen 16 Modelo estirado	22

Imagen 17 Dedos contraídos	23
Imagen 18 Dedos contraídos	23
Imagen 19 Extremidades estiradas	23
Imagen 20 Dedos de prototipo estirados	23
Imagen 21 Dedos de prototipo contraído	23
Imagen 22 Inicio de carrera del ala.....	24
Imagen 23 Fin de carrera del ala	24
Imagen 24 Modelo cubierto con papel china	24
Imagen 25 Modelo 1 parte inferior.....	25
Imagen 26 Modelo 1 parte superior.....	25
Imagen 27 Corte de piezas con cierra de banda	26
Imagen 28 Esqueleto superior de modelo 2.....	27
Imagen 29 Esqueleto inferior de modelo 2.....	27
Imagen 30 Modelo 2.....	27
Imagen 31 Modelo 2 extendido.....	27
Imagen 32 Modelo 3 en SolidWorks.....	29
Imagen 33 Trabajo con fibra de carbono.....	30
Imagen 34 Placa de fibra de carbono.....	30
Imagen 35 Calcado de piezas en placa	30
Imagen 36 Corte de piezas de fibra de carbono.....	31
Imagen 37 Piezas cortadas.....	31
Imagen 38 Dedos de modelo 3 armado	32
Imagen 39 Maquinado de piezas	33
Imagen 40 Planos de modelo 3.....	33
Imagen 41 Piezas de modelo 3	33
Imagen 42 Modelo 3.....	34
Imagen 43 Modelo 3 ensamble.....	34
Imagen 44 Modelo 3 en movimiento.....	34
Imagen 45 Tren inferior modelo 3.....	35
Imagen 46 Modelo 3 terminado.....	35
Imagen 47 Fallo de modelo 3	36

Imagen 48 Engrane 4.....	54
Imagen 49 Engrane 3.....	55
Imagen 50 Caja de engranes.....	55
Imagen 51 Impresión de engranes.....	56
Imagen 52 Impresión de cuerpo para caja de engranes.....	56
Imagen 53 Impresión de engrane 3.....	57
Imagen 54 Cuerpo para caja de engranes.....	57
Imagen 55 Caja reductora de velocidad.....	58
Imagen 56 Armado de caja reductora de velocidad.....	58
Imagen 57 Ornitóptero armado.....	58
Imagen 58 Modelo 1.....	60
Imagen 59 Modelo 2.....	60
Imagen 60 Modelo 3.....	61
Imagen 61 Prototipo conceptual.....	61
Imagen 62 Motor (teslabem, 2018).....	69
Imagen 63 Sistema eléctrico (teslabem, 2018).....	72

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Tipos de ornitópteros.....	7
Ilustración 2 Ala por secciones.....	37
Ilustración 3 θ de desplazamiento.....	38
Ilustración 4 Velocidad lineal.....	39
Ilustración 5 Fuerza de arrastre.....	39
Ilustración 6 Torque.....	40
Ilustración 7 Potencia.....	40
Ilustración 8 Caja de engranes.....	43
Ilustración 9 Ángulo de presión (ingeniería s. y., 2017).....	47
Ilustración 10 Partes de un engrane (Manyao, 2017).....	48

Tablas

Tabla 1 de potencia y torque (ingenieria s. , 2017)	44
Tabla 2 Tabla de desempeño.	62
Tabla 3 Datos de motor (teslabem, 2018)	68
Tabla 4 Bateria.....	70

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una investigación acerca del desarrollo conceptual de un ornitóptero. Se ha generado a partir de la anatomía de un murciélago en específico el zorro volador. Con este zorro volador se pretende desarrollar a nivel primario un prototipo conceptual, el cual nos permita mantenerlo en el aire el mayor tiempo posible utilizando las características físicas de este mamífero.

Desde hace siglos se han desarrollado diversos proyectos como planeadores, dirigibles, aviones, drones, etc. Sin embargo, todas estas máquinas consumen grandes cantidades de combustibles y/o energía eléctrica, lo cual produce una enorme contaminación. Es entonces que surge la necesidad de crear máquinas que sean más eficientes, para cuidar el medio ambiente. Una opción es el desarrollo de mecanismos y de máquinas que estén basados en la anatomía de los seres vivos ya que estos son perfectos así de esta manera podemos aprovechar e implementar con la ayuda de la biomecánica las especificaciones y las características de cualquier ser vivo. Retomado lo anterior me percaté que en los drones convencionales existe un gran problema, estos necesitan que en todo momento estén rotando sus hélices para mantenerse en el aire y una vez que se acaba la batería estos caen, fue entonces cuando decidí realizar el un ornitóptero basándome en el zorro volador. Se selecciono a este mamífero en primera instancia gracia a su anatomía le permite que el rango de giro en el vuelo sea más corto a diferencia de un ave y se observó que gracias a la envergadura de sus alas este puede mantener un vuelo en grandes distancias.

Se pretende con este proyecto contribuir al desarrollo de investigación de la biomecánica, específicamente de los ornitópteros. Cabe resaltar que este proyecto parte de la observación de un mamífero y tiene como finalidad desarrollar un prototipo primario a nivel conceptual basándose en un ser vivo. Dando como inicio un punto de partida a una

serie de investigaciones aplicadas a esta rama de la ingeniería y así crear maquina más eficientes.

Primero se ocupa como estrategia metodológica el método de investigación de biónica, cabe resaltar que no se siguió al 100% este método, más constituyó una guía que dio orden y sentido. solo fue un apoyo. Gracias a este. Se describen que es un ornitóptero, de donde proviene un ornitóptero, de igual manera se explica cuál es el mamífero en que nos basamos, la anatomía de dicho mamífero y se mencionan algunos conceptos básicos.

Se menciona el análisis de vuelo del murciélago mediante la biocinemática, con ayuda de distintos materiales se construyen diversos modelos los cuales sirven para analizar el funcionamiento mecánico de este ornitóptero.

Posteriormente se hace una serie de cálculos con el fin de que el mecanismo sea más preciso, se encuentra el desarrollo de una caja reductora de velocidad, una vez obtenidos los cálculos se ocupa SolidWorks para dibujarlos, se imprimen en 3D.

Se describe la construcción del esqueleto de este ornitóptero, con ayuda de SolidWorks y diversos materiales

Para finalizar, ya armado el modelo del ornitóptero, se realizan pruebas del prototipo

OBJETIVO GENERAL

Diseñar a nivel conceptual un ornitóptero basado en la biomecánica de un murciélago (zorro volador), aprovechando al máximo las características físicas de este mamífero.



Imagen 1 Prototipo BatPet

OBJETIVOS PARTICULARES

- Describir conceptos básicos y biomecánicos del ornitóptero.
- Desarrollar una configuración mecánica del ornitóptero basado en un murciélago (zorro volador) y elaborar un prototipo de dicho ornitóptero.
- Evaluar el desempeño del prototipo

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS NATURALES Y CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 BREVE RESEÑA DE LA BIÓNICA Y ESTE PROYECTO

1.1.1 La biónica como aproximación

La bionica es tan antigua como el hombre, uno de los personajes mas importantes de la bionica y de los ornitopteros fue Leonardo Da Vinci creó infinidad de artefactos; el pasó horas viendo y estudiando el vuelo de distintas aves. observo su aleteo mientras desplegaban o estaban en vuelo y decidió construir una serie de máquinas que llamo ornitópteros. Las concibió de diferentes estilos: para uno o varios pasajeros, de un piso o dos, con el piloto acostado o de pie. El piloto era el motor del avión ya que él mismo debía mover con sus brazos, piernas, pies y dedos el mecanismo de las alas a través de elaborados sistemas activados por medio de poleas y cables. En la imagen 2 se muestra uno de los ornitópteros diseñados por Leonardo Da Vinci.



Imagen 2 Ornitóptero de Leonardo Da Vinci (Historia, 2018)

En Francia en la década de 1870. Gustave Trouvé's voló un recorrido de 70 metros aproximadamente. Alrededor de 1890, Lawrence Hargrave construyó varios ornitópteros accionados por vapor o aire comprimido. Fue hasta 1930 que en Alemania Alexander Lipisch y otros investigadores aprovecharon los motores de combustión para crear varios ornitópteros. (iasca, 2017)

En 1942, Adalberto Schmid hizo el vuelo más largo con potencia humana de un ornitóptero en Munich-Laim Alemania. Recorriendo una distancia de 900 metros, manteniendo una altura de 20 metros en la mayor parte del vuelo. Ese mismo ornitóptero fue equipado con un motor de la motocicleta Sachs 3 caballos de fuerza, con él se hicieron vuelos de hasta 15 minutos de duración.

Para este proyecto se tomó como referencia el método de investigación de biónica ya que es un método flexible el cual nos permite a nivel ingeniería diseñar y desarrollar productos explorando nuevas soluciones formales y funcionales para problemas específicos.

- Definición del problema
- Investigación de sistemas naturales y conceptos básicos
- Diseño conceptual
- Desarrollo de prototipo
- Pruebas funcionales

1.2 ORNITÓPTERO

Un ornitóptero es un artefacto que vuela batiendo las alas. Estas aeronaves tratan imitar el vuelo de aleteo de las aves, murciélagos e insectos. Aunque las máquinas pueden ser diferente en la forma, por lo general se basan en el mismo principio del vuelo con la anatomía animal. En la figura 1 se muestran los dos tipos ornitópteros:



Ilustración 1 Tipos de ornitópteros

1.3 BIOMECÁNICA ANIMAL

“También conocida como ingeniería natural, es la que integra dichos conceptos (- de biología, ecología, física e ingeniería) para explicar las adaptaciones de los organismos al medio ambiente y a las licitantes físicas que este impone. Al contrario de la ingeniería a secas, donde se da especificaciones precisas sobre las características de una estructura, tales como el peso máximo que debe sostener un puente, etc. la biomecánica debe descubrir las especificaciones a las que la selección natural y la física han sometido a un organismo y sus estructuras para darle la forma con que desarrolla una función, muchas veces desconocida por nosotros. A quienes estudian los organismos por medio de la biomecánica; se descubre entre otras cosas, las causas distintas de la función y la física de los organismos”. (Cueva, 2017)

Por ejemplo dentro de los murciélagos en específico el zorro volador, es el murciélago más grande que existen en el planeta este se encuentra muy cerca de los límites de tamaño para animales voladores posibles en la tierra. La capacidad que tienen sus músculos para generar suficiente fuerza mecánica, para elevar su peso sin sobrecalentarse y la resistencia a las fuerzas de compresión por los huesos y otros tejidos, son los factores más importantes en el límite del tamaño que pueden alcanzar.

Es decir, la biomecánica estudia las fuerzas y aceleraciones que actúan sobre los seres vivos, ya que los animales se encuentran sujetos a las mismas leyes físicas. Imagen 3 reptil mecánico.



Imagen 3 Reptil mecánico (piojillos, 2017)

La biomecánica se divide en dos:

1) Biodinámica

- Biocinemática
- Biocinética

2) Biostática

1.3.1 Biodinámica

1.3.1.1 La Biocinemática

La biocinemática analiza los movimientos sin tener en cuenta las fuerzas que la producen; un ejemplo es el análisis cinematográfico del movimiento de las extremidades de un animal que corre.

Dentro del proyecto se utilizan videos captados en cámara lenta para analizar el movimiento del vuelo de los murciélagos

1.3.1.2 La Biocinética

Estudia los cambios causados en el movimiento por un sistema desequilibrado de fuerzas y determina las fuerzas necesarias para producir cualquier cambio que desee el movimiento; el análisis de las fuerzas en los miembros de un perro es un buen ejemplo.

1.3.2 La Biostática

Estudia las fuerzas y su equilibrio que actúan sobre los animales y sus órganos en el estado de reposo o en movimiento a una velocidad uniforme, así como en línea recta. El estudio de las fuerzas que actúan sobre un caballo de pie es un buen ejemplo de biostática.

Aunque la biomecánica es una herramienta útil para analizar los movimientos y estructuras de los animales, no lo es para explicar la gran variedad de adaptaciones en la construcción del cuerpo animal. El animal intenta sobrevivir y mantener por si mismos en su hábitat natural; esto depende de un gran número de adaptaciones a los requerimientos de este hábitat, solamente unos cuantos son de naturaleza puramente mecánica. Algunos

predadores deben desarrollar una velocidad considerable con el fin de capturar sus presas; esta alta velocidad requiere unas definidas adaptaciones mecánicas en el aparato locomotor. El animal necesita órganos sensoriales bien desarrollados para tratar de localizar a sus presas; matarlas requiere unas garras y dentición adecuadas; por otra parte, hay unas exigencias especiales para los sistemas: circulatorio, respiratorio excretor y neurohormona, todo lo cual debe acomodarse dentro de la estructura animal. Por ello está claro que un factor hay que tener en cuenta o que limita la interpretación mecánica de la estructura de un animal es que esté perfectamente equilibrado para las distintas adaptaciones morfológicas a sus requerimientos, entre los cuales los factores mecánicos tienen un papel subordinado; es decir, el animal tiene una estructura concordante que se aplica al ser vivo como un todo o bien a sus partes constituyentes. Independientemente de estas consideraciones de la naturaleza biológica general, debe resaltarse que la biomecánica tiene alguna significación práctica en la veterinaria.

1.4 EL VUELO ANIMAL

“La influencia relativa de fuerzas viscosas e inerciales en un cuerpo en movimiento se mide con un índice o número no dimensional (sin unidades), conocido como el “número de Reynolds”, que toma en cuenta el tamaño del cuerpo paralelo al flujo y la densidad y viscosidad del fluido. Si las fuerzas viscosas e inerciales tienen la misma importancia entonces el número de Reynolds es uno. Si las fuerzas viscosas son más importantes que las inerciales el número de Reynolds es menor que 1, este es el caso para organismos pequeños como las algas microscópicas, las larvas de peces o los insectos voladores menores a unos cuantos milímetros. Si las fuerzas inerciales son más importantes el número de Reynolds es mayor a uno. En este aspecto encontramos entre otros las semillas de diente de león, los murciélagos, los aviones, los helicópteros, las canoas y los buques.

Convencionalmente se considera a un cuerpo inmerso en un fluido como fijo y al fluido en movimiento, independientemente de que esto corresponda a la realidad. Existe un gradiente de velocidad del fluido en la superficie de un cuerpo que va desde una velocidad

de cero con respecto al cuerpo (las moléculas del fluido están adheridas al cuerpo) hasta la velocidad de flujo lejos del cuerpo; este gradiente de velocidad del fluido se conoce como la “capa límite”.

Un cuerpo en movimiento en un fluido de origen o dos arrastres. La diferencia de presiones sobre la parte del cuerpo de cara al flujo y la parte posterior crea el “arrastre de forma” del cuerpo. El “arrastre de superficie” que el cuerpo genera al desplazarse es directamente proporcional a su área expuesta al fluido. La forma que minimiza el arrastre de superficie es la esfera, pero esta forma tiene el mayor arrastre de forma. Por otro lado, un cuerpo delgado y largo tiene poco arrastre de forma, pero mucho arrastre de superficie. De esta manera, la función de la forma de los cuerpos murciélagos, aves, aviones, peces, delfines y buques es minimizar la suma de ambos arrastres.

Murciélagos, mamíferos marinos, tiburones, peces sin vejiga natatoria y la mayoría de los insectos, entre otros, también tienen que contrarrestar la fuerza de gravedad cuando se desplazan. La fuerza de levante que mantiene a un cuerpo en flotación “neutral” en el aire o en el agua (es decir sin sumergirse o elevarse) debe ser igual al peso, que a su vez es función de la fuerza de gravedad. El levante se genera por una diferencia de presiones y velocidades entre la parte superior (presión baja, velocidad alta) y la parte inferior (presión alta, velocidad baja) del ala, aleta u otra estructura que sirva para generar levante en el organismo. La diferencia de presiones no solo mantiene al organismo suspendido, sino que también crea Vórtices detrás del ala o aletas generadas del levante. Este arrastre es conocido como el “arrastre inducido o de vórtice”. Cabe subrayar que si este arrastre desaparece no hay levante. Los vórtices, consecuencia de la generación de levante, pueden ser observados en la estela de vapor que deja un jet.

Ya que un organismo o un objeto pierde energía a causa de los diferentes arrastres al desplazarse a través de un fluido, nada puede mantenerse flotando o volando si no existe un aporte energético para mantener el levante. Debido a esta característica los murciélagos aletean y los tiburones deben mantenerse nadando para no desplomarse o hundirse.” (Cueva, 2017)

1.4.1 ¿Cuánto cuesta volar?

“En el transcurso de la evolución, la capacidad para volar de algunos animales ha aparecido en varias ocasiones; aquí me concretare exclusivamente al vuelo activo en vertebrados (vuelo de aleteo), sin tomar en cuenta gran parte de los animales planeadores y los insectos voladores.

Para volar es necesaria alguna estructura que genere empuje y una estructura que mantenga el levante. En el caso de los aviones hemos separado la estructura que genera levante, el ala, de la que genera empuje, el motor. Tanto en los reptiles voladores prehistóricos como en las aves y en los murciélagos en ala es la que genera levante y empuje, dando lugar a un movimiento complicado y hasta hace unos 45 años, difícil de analizar. El ala es una estructura derivada de las extremidades anteriores de ha surgido cuando menos cuatro veces en la evolución de los vertebrados: una vez en los reptiles voladores, una vez en las aves y de acuerdo con los resultados de un estudio inmunológico del suero sanguíneo, dos veces en los mamíferos, en dos grupos de murciélagos: los megaquirópteros (principalmente frugívoros) y los microquirópteros (principalmente insectívoros).

Para entender mejor el vuelo animal es necesario hacer predicciones sobre esta actividad. Una combinación de teorías aerodinámicas y ecológicas permite hacer una serie de predicciones sobre velocidades óptimas de vuelo bajo condiciones específicas. La suma del arrastre parásito (generado por la forma y superficie del cuerpo), de forma del ala y de vórtice, más el arrastre inercial (aceleración de las alas), el costo metabólico y de ejercicio, nos dan una curva en forma de U que describe el costo mecánico de vuelo en vatios contra la velocidad (en m/s). A partir de esta curva podemos calcular una serie de velocidades óptimas.

La velocidad de energía mínima (V_{mp}) es aquella en la cual un ave, un murciélago o un avión pueden mantenerse en el aire por más tiempo dada una cantidad fija de combustible (principalmente grasa en el caso de los animales). La velocidad de rango máximo (V_{mr}) es la que permite viajar la mayor distancia por cantidad de combustible. Ésta es la velocidad a la que esperamos encontrar volando a las aves y a los murciélagos durante su migración y un avión a velocidad de crucero.” (Cueva, 2017)

1.4.2 TUCOS AERODINÁMICOS EN EL REINO ANIMAL

“Ningún animal volador existente pesa más allá de 12 kilogramos y pocos son los que superan los 10kg. Aletear es una actividad que implica un gran gasto de energía, diferentes procedimientos experimentales indican que el aleteo es de 6 a 23 veces más caro que el costo del metabolismo basal. En la mayoría de las aves voladoras, 17% de su peso está dado por los músculos asociados al vuelo. Es claro que este grupo de músculos es esencial para el vuelo, pero al mismo tiempo su capacidad para generar energía es lo que limita el tamaño de los vertebrados voladores. Hill (1950) y posteriormente Weis-Fogh y Alexander (1977) determinaron que el musculo rojo de un vertebrado puede generar hasta 250 vatios por kilogramo de musculo. Ya que los requerimientos aerodinámicos para oponerse a los arrastres durante el vuelo y la capacidad de los músculos para generar fuerza crecen a tasas diferentes, existe un punto donde estas dos curvas se cruzan, alrededor de los 12kg de peso, y es por eso que encontramos muy pocos animales voladores con un peso superior a este.

Muchas aves utilizan las masas de aire ascendentes calentadas por el suelo, que a su vez calentándose por el sol, para planear dentro de ellas, con lo que pierden altura dentro de la masa de aire a una tasa inferior a la del ascenso del aire, lo que trae como resultado una ganancia neta en altura. El gasto energético de las aves durante esta maniobra es el de

sostener sus alas extendidas. Una vez que las aves llegan a una altura donde la masa de aire no les da suficiente levante la abandonan con esto pueden planear o aletear hasta encontrar otra masa ascendente de aire. Otra forma común del uso de movimiento del viento es utilizar el aire que asciende de la falda a las cimas de las montañas y al frente de los riscos en las cadenas y costas.” (Cueva, 2017)

1.5 LOS MURCIÉLAGOS

El murciélago (zorro volador) se toma como modelo a seguir ya que a diferencia de las aves su rango de giro es menor, gracias al tamaño de sus dedos le es fácil planear recorrer distancias mayores.

Hace muchos años atrás pensábamos que los murciélagos pertenecían grupo de las aves. Pero hoy en día sabemos que no existen las aves sin plumas que puedan volar. Los murciélagos son mamíferos como los humanos. Estas son algunas características las cuales nos demuestran que los murciélagos son mamíferos:

- *Los murciélagos son de sangre caliente
- *Los murciélagos amamantan a sus crías con leche
- *Los murciélagos cuentan con pelo muy corto
- *Los murciélagos son mamíferos únicos a diferencia de otros mamíferos estos pueden volar.



Imagen 4 Murciélago (Camarena, 2017)

1.5.1 Las alas del murciélago

Las alas del murciélago están formadas de membranas muy delgadas de piel extendida sobre el brazo y los dedos del murciélago. Los murciélagos tienen un pulgar y cuatro dedos, como los humanos Estructura del ala de un murciélago

Los dedos del murciélago son muy largos comparados con su cuerpo; si tuviéramos dedos como los murciélagos serían tan largos que arrastrarían. Las alas del murciélago bajan bien por los lados del cuerpo del murciélago y por una parte de sus piernas.



Imagen 5 Morfología de un murciélago (trome, 2016)

Cuando los murciélagos vuelan, no solamente baten sus alas hacia arriba y hacia abajo. Si los miras de cerca, casi parece que se impulsaran por el aire, el movimiento es similar al nado estilo mariposa.

Los murciélagos usan sus alas para más que solo volar; pueden envolver sus alas alrededor de los insectos o de las frutas para sostenerlos mientras comen o bien para mantener su temperatura corporal.

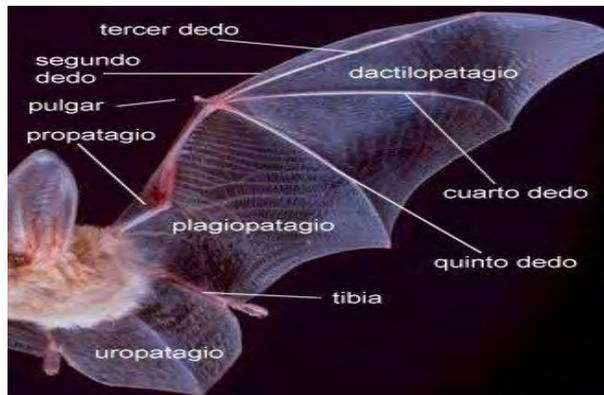


Imagen 6 Ala de un murciélago (WIKIPEDIA, 2016)

1.5.2 Murciélago zorro volador filipino (*Acerodon jubatus*)

Tiene una envergadura alar de entre 1,5 m y 1,7 m y pesa aproximadamente 1,2 Kg. Aunque el murciélago con el que vive, el zorro volador de cuello rojo, parece ser un poco más grande de media, pesa menos y se le considera por lo tanto al zorro volador filipino más grande que existe.

En cautiverio se reproducen una vez cada dos años, pero esto no es indicativo de lo que pueda ocurrir en la naturaleza, ya que se ha comprobado que en otras especies es muy diferente su comportamiento reproductivo en la naturaleza; probablemente será mayor la productividad de la especie en cautiverio. Los nacimientos se producen entre abril y mayo.

Es activo por la noche, cuando vuela grandes distancias de hasta 40 kilómetros en busca de comida. Come una gran variedad de frutos, siendo su comida favorita los higos maduros, gracias a esta dieta contribuye en gran medida a la regeneración del bosque, ya que al alimentarse de frutos; acaba defecando las semillas en otras zonas, dispersando y contribuyendo a que germinen las plantas.



Imagen 7 Zorro volador (animales extinción, 2017)

1.6 CONCEPTOS FÍSICOS BÁSICOS DEL ORNITÓPTERO

1.6.1 Área

Para la geometría, un área es la superficie comprendida dentro de un perímetro, que se expresa en unidades de medidas que son conocidas como superficiales. Existen distintas fórmulas para calcular el área de las diferentes figuras, como los triángulos, los cuadriláteros, los círculos y las elipses.

1.6.2 Engrane

Es una rueda dentadas de distintos tamaños que encajan entre sí, y a través de estas se puede transmitir movimiento a diversos mecanismos.

1.6.3 Fuerza de arrastre

Es la fuerza de rozamiento que opone un fluido al movimiento de un objeto sólido.

1.6.4 Potencia

La potencia es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. Puede asociarse a la velocidad de un cambio de energía dentro de un sistema, o al tiempo que demora la concreción de un trabajo. Por lo tanto, es posible afirmar que la potencia resulta igual a la energía total dividida por el tiempo.

1.6.5 Torque

Es la propiedad de la fuerza aplicada para hacer girar a un cuerpo, y esta se mide con una magnitud física.

1.6.6 Velocidad angular

Es el ángulo girado por el móvil en la unidad de tiempo. es decir es la rapidez con que varía el ángulo a medida que transcurre el tiempo, su unidad de medida según el S.I es [rad/s].

1.6.7 Velocidad lineal

Es la longitud del arco recorrido en la unidad de tiempo, su unidad de medida según el S.I es [m/s].

CAPÍTULO 2

DISEÑO CONCEPTUAL Y DESARROLLO DE PROTOTIPO

2.1 ANÁLISIS BIOCINEMÁTICO DE ZORRO VOLADOR

El proceso de diseño conceptual, se inició con la observación de material cinematográfico en cámara lenta y a partir de tomas estáticas y fotografías se elaboró un análisis de movimiento de las alas. En las siguientes imágenes se muestran las capturas.



Imagen 8 Captura 1 murciélago (channel, 2016)



Imagen 9 Captura 2 murciélago (channel, 2016)



Imagen 10 Captura 3 murciélago (channel, 2016)



Imagen 11 Captura 4 murciélago (channel, 2016)



Imagen 12 Captura 5 murciélagos (channel, 2016)



Imagen 13 Captura 6 murciélagos (channel, 2016)

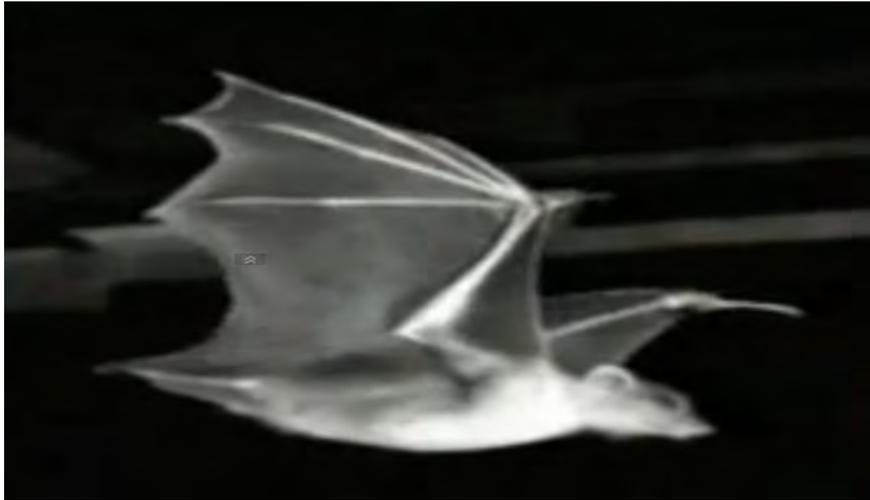


Imagen 14 Captura 7 murciélagos (channel, 2016)

Con base en las imágenes capturadas se comenzó a hacer varios modelos conceptuales los cuales nos ayudarían a determinar los materiales, el diseño y los problemas que se presentarían en este proyecto. Se irán describiendo los diferentes modelos así como se fue desarrollando este proyecto.

2.2 DISEÑO CONCEPTUAL

2.2.1 MODELO 1

Para este primer modelo se utilizó papel cascarón, chinchas, popotes y papel china se seleccionaron estos materiales ya que sería más fácil de manejar, con este modelo se hicieron las articulaciones; para esto primero se desarrolló el esqueleto y las alas, igual que los murciélagos se le hicieron dedos en esta parte. El primer problema era hacer que los dedos se movieran ya que los murciélagos los utilizan para hacer el cambio de dirección en un rango de giro más pequeño como se muestra en las siguientes imágenes:



Imagen 15 Modelo retraído



Imagen 16 Modelo estirado

En la imagen 15 se muestra el modelo con el esqueleto retraído y en la imagen 16 se muestra totalmente estirado; ya una vez resuelto este problema se siguió haciendo la parte del timón o la cola del dron para esto utilizamos popotes; dicha cola tendrá dos grados de libertad (hacia arriba, hacia abajo, y una pequeña inclinación hacia la derecha e izquierda) como se muestra en las siguientes imágenes:



Imagen 18 Dedos contraídos

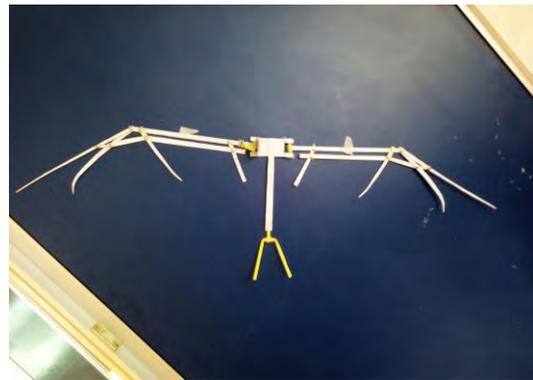


Imagen 17 Dedos contraídos



Imagen 21 Dedos de prototipo contraído



Imagen 20 Dedos de prototipo estirados



Imagen 19 Extremidades estiradas

Lo siguiente a construir y lo más importante; el aleteo, se puso un pequeño mecanismo para simularlo como en las siguientes imágenes:



Imagen 23 Fin de carrera del ala



Imagen 22 Inicio de carrera del ala

En la imagen 23 se muestra el fin de carrera de el aleteo y en la imagen 22 el inicio de carrera aleteo.

Para este modelo se buscó algún material que nos sirviera para cubrir el esqueleto este material tendría que ser súper ligero, flexible como la piel del murciélago, entonces se recurrió al papel china como se puede mostrar en las siguientes imágenes:



Imagen 24 Modelo cubierto con papel china



Imagen 25 Modelo 1 parte inferior



Imagen 26 Modelo 1 parte superior

Una vez terminado el primer modelo se realizó una prueba, dicha prueba consistía en aventarlo de un edificio. Esta prueba no funciono, ya que los materiales que se ocuparon eran demasiado ligeros y débiles, pero sirvió para darse una idea de cómo sería la estructura de este futuro dron.

Se construyó un segundo modelo ocupando materiales más resistentes y pesados simulando el dron.

2.2.2 MODELO 2

Para este modelo se utilizó madera, grapas, Nylon (tela de paraguas). Se empezó haciendo de igual manera como el modelo 1, se hizo el esqueleto tomando como molde el papel cascarón del modelo anterior y se cortó con sierra de banda como se muestra en la imagen 27.



Imagen 27 Corte de piezas con sierra de banda

Después se hizo la cola mejorando las piezas mecánicas, en base a la experiencia anterior. Para esto se hicieron distintos ensambles y se utilizó router, lijadora, sierra de banda, etc. como se muestra en las siguientes imágenes:



Imagen 28 Esqueleto superior de modelo 2



Imagen 29 Esqueleto inferior de modelo 2



Imagen 30 Modelo 2



Imagen 31 Modelo 2 extendido

Una vez terminado todo el esqueleto se cortó el nylon a la medida, utilizando como molde el papel chino y se unió al esqueleto con pequeños amarres de hilo, para que cuando el esqueleto se mueva no esté muy rígida la tela, en la imagen 32 se puede apreciar el modelo 2 terminado.



Imagen 1 Modelo 2 terminado

Una vez terminado el modelo 2 se aventó desde un edificio para comprobar que planeara, para esta prueba se aventón con la cola en dos posiciones, la cola estaba hacia abajo el modelo cayó en picada y cuando este estaba con la cola hacia arriba planeó; una vez realizada esta prueba se utilizó SOLIDWORKS, empezando con el diseño del esqueleto y la cola.

2.2.3 MODELO 3

Para este modelo se utilizaron materiales con mejor resistencia se ocupó fibra de carbono, fibra de vidrio, tela de paracaídas (nylon), Nylamid. Primero se diseñó en SolidWorks como se muestra la siguiente imagen 37.



Imagen 32 Modelo 3 en SolidWorks

Una vez terminado el diseño virtual se comenzó a producir el modelo real; primero se trabajó la fibra de carbono con resina epóxica, para esto se cortaron tramos de 40 x 20, se colocó un tramo sobre un cristal y se empezó a agregar la resina con una brocha. Después se colocó otra capa de la fibra de carbono, nuevamente se agregó resina epóxica y así sucesivamente hasta llegar a 5 capas se dejó curar a temperatura ambiente 24 horas. En la imagen 33 se muestra el trabajo de la fibra de carbono.



Imagen 33 Trabajo con fibra de carbono

Lo siguiente que se realizó fue, una vez que se curó la fibra de carbono se imprimieron a tamaño real los planos del dron, se pegaron en la fibra de carbono, se cortaron con ayuda de un moto tool y un disco de corte. Se sacaron las piezas como se muestra en las siguientes imágenes:

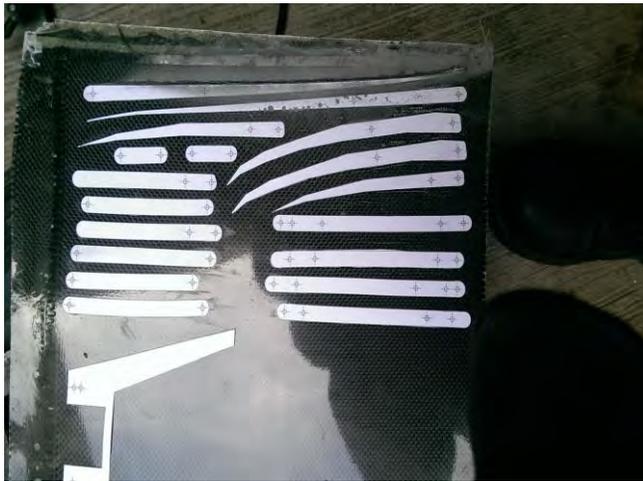


Imagen 34 Placa de fibra de carbono



Imagen 35 Calcado de piezas en placa



Imagen 36 Corte de piezas de fibra de carbono

Ya que teníamos las piezas cortadas, con ayuda de un taladro se perforaron. Se utilizó una lija para quitar las pequeñas astillas que quedaron y se le aplicó esmalte. Como se muestra en la imagen 37.



Imagen 37 Piezas cortadas

Ya que teníamos las piezas del esqueleto, se ocuparon tornillos M3x1.0 y tuercas autoblocantes para unir las articulaciones del esqueleto. Como se muestra en la siguiente imagen:



Imagen 38 Dedos de modelo 3 armado

Ya para los mecanismos ocupamos Nylamid, para esta parte de hacer los mecanismos rentamos un torno y una fresadora; pero eran demasiado grandes para poder maquinar así que recurrimos a una carpintería y ocupamos algunas máquinas basándonos en los planos mencionados anteriormente. En las siguientes imágenes se muestra cómo se maquinaron las diversas piezas.



Imagen 40 Planos de modelo 3



Imagen 39 Maquinado de piezas



Imagen 41 Piezas de modelo 3

Ya terminadas las piezas de Nylamid, se ensambló todo el esqueleto y lo próximo a seguir fue diseñar el mecanismo para que este dron aleteara

Para hacer esto posible ocupamos diferentes engranes que fueron reciclados de distintos aparatos eléctricos, se ocupó una placa de aluminio para conectar las alas con la caja de engranes. Enseguida se colocó todo el sistema muscular para que el esqueleto se pueda mover. Para esto ocupamos 2 servomotores, 1 speed control, 1 motor de brushless, 1 receptor y una batería de Li-po. En las siguientes imágenes se muestra el esqueleto con todo el sistema muscular.



Imagen 42 Modelo 3



Imagen 43 Modelo 3 ensamble



Imagen 44 Modelo 3 en movimiento

Una vez completado la estructura del esqueleto y todo el sistema muscular se empezó a construir la tela que funcionaría como la piel del murciélago, para esto ocupamos nylon ya que es un material impermeable como la piel y es muy ligero. En las siguientes imágenes se muestra como quedo el dron terminado

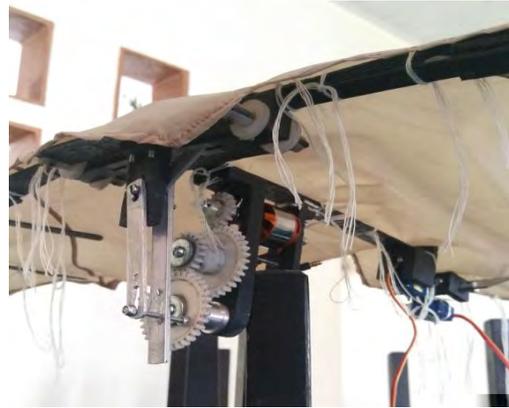


Imagen 45 Tren inferior modelo 3



Imagen 46 Modelo 3 terminado

Cuando se probó armado el dron se notó un grave problema con los engranes, estos se trababan, debido a un fuerte bamboleo y esto provocaba que el motor se sobrecalentara y la batería se consumía muy rápido así que se desarmó para ver donde estaba el problema. en la siguiente imagen se marca el problema de los engranes donde se traba el dron



Imagen 47 Fallo de modelo 3

2.3 CÁLCULOS DISEÑO DE CONCEPTUAL

Para este modelo se empezó prácticamente desde cero así que empezamos calculando la caja de engranes en base al aleteo y al motor, en esta parte se explicará por pasos como se fue desarrollando. Primero se obtuvo la potencia requerida

Se dividió una de las alas por secciones para sacar la fuerza de arrastre total, para esto se obtuvo el área total del ala, como se muestra en la ilustración 2.

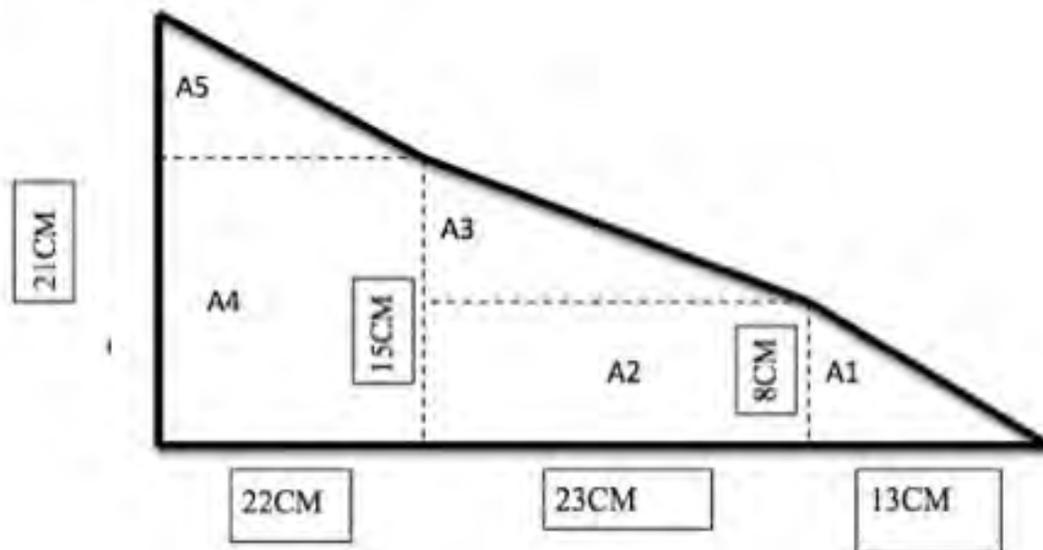


Ilustración 2 Ala por secciones

$A_t = \text{Area total}$

$b = \text{Base}$

$h = \text{Altura}$

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = 10.5 + 184 + 15 + 330 + 14 = 553.5 \text{ cm}^2$$

$$A_t = 553.5 \text{ cm}^2 \left(\frac{1 \text{ m}^2}{10000 \text{ cm}^2} \right) = 0.05532 \text{ m}^2$$

$$A_1 = \frac{b_1+h_1}{2} = \frac{13+8}{2} = 10.5cm^2$$

$$A_2 = b_2 * h_2 = 23 * 8 = 184cm^2$$

$$A_3 = \frac{b_3+h_3}{2} = \frac{23+7}{2} = 15cm^2$$

$$A_4 = b_4 * h_4 = 22 * 15 = 330cm^2$$

$$A_5 = \frac{b_5+h_5}{2} = \frac{22+6}{2} = 14cm^2$$

2.3.1 Velocidad angular

El dron tiene que dar dos aleteos por segundo en un movimiento de 40°

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{0.698132}{0.25} = 2.792528 \frac{rad}{seg}$$

$\omega =$ velocidad angular

$\theta =$ desplazamiento angular en rad.

$t =$ tiempo en segundos des desplazamiento

$$\theta = 40^\circ = 0.698132 rad$$

$$t = 0.25seg.$$



Ilustración 3 θ de desplazamiento

2.3.2 Velocidad lineal

Utilizando la distancia de la punta a la base del ala

$$v = \omega * d = 2.792528 * 0.58m = \mathbf{1.61965 \frac{m}{s}}$$

$v =$ velocidad lineal

$\omega =$ velocidad angular

$d =$ distancia

$$\omega = 2.792528 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$d = 0.58m$$

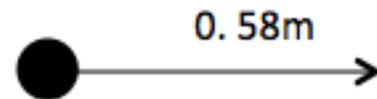


Ilustración 4 Velocidad lineal

2.3.3 Fuerza de arrastre

$$P = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_d = \frac{1}{2} (1.225) (1.61965)^2 (0.05532) (0.82) = \mathbf{0.0720201N}$$

$P =$ Fuerza de arrastre

$\rho =$ Densidad del aire

$v =$ Velocidad

$A =$ Área de contacto

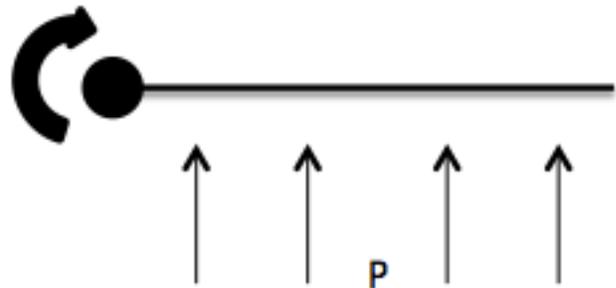


Ilustración 5 Fuerza de arrastre

$C_d =$ Coeficiente de fricción de arrastre

$$\rho = 1.225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$A_t = 0.05532m^2$$

Cd = 0.82 (sacado de tablas)

$$v = 1.61965 \frac{m}{s}$$

2.3.4 Torque

$$\tau = r * F = 0.193 * 0.0720201 = \mathbf{0.013899N * m}$$

$\tau = Torque$

$r = Distancia$

$F = Fuerza$

$r = 0.193m$

$F = 0.0720201N$

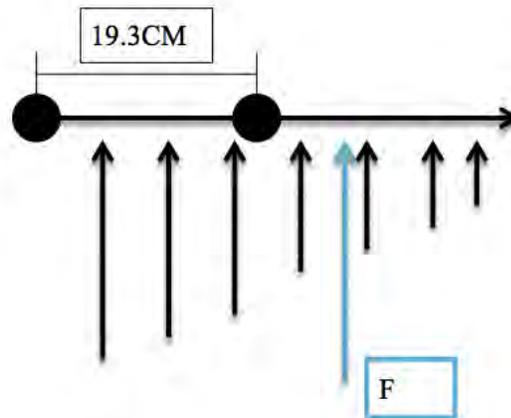


Ilustración 6 Torque

2.3.5 Potencia

$$\rho = \tau * \omega = 0.013899 * 4\pi = \mathbf{0.1746559w}$$

$\rho = Potencia$

$\tau = Torque$

$\omega = velocidad angular$

$\tau = 0.013899N * m$



Ilustración 7 Potencia

$\omega = 4\pi$ (ya que dará dos aleteos por segundo entonces en un minuto da 120 vueltas que serían igual a 120rpm lo convertimos en rad/seg decimos $120 * \frac{2\pi}{60} = 4\pi$)

Multiplicamos la potencia por 2 ya que son las alas y nos da

$$\rho_{T=\rho(2)} = 0.1746559(2) = \mathbf{0.34931W}$$

2.3.6 Caja de engranes

Una vez determinada la potencia requerida se continuó a diseñar la caja de engranes

Primero se determinó el número de etapas para diseñar esta caja guiándonos en la potencia y velocidad angular del motor.

$$\rho = 342w$$

$$\omega = 2200 \text{ rpm}$$

De esto hay que determinar el número de rpm requeridas si tenemos que dará dos aleteos por segundo se requieren de 120 rpm, pero esto sería a la máxima velocidad de motor así que el motor a la salida dará 200 rpm para poder manipular la velocidad y que el motor no se sobre caliente trabajando al máximo. Entonces para determinar el número de etapas tenemos las siguientes formulas:

$$e = \frac{ne}{ns} = \frac{2200 \text{ rpm}}{200 \text{ rpm}} = \mathbf{11}$$

$e = \text{valor de tren}$

$ne = \text{número de rpm de entrada}$

$ns = \text{número de rpm de salida}$

$$ne = 2200 \text{ rpm}$$

$$ns = 200 \text{ rpm}$$

Número de etapas (relación límite son 5 son las recomendadas en libros)

$$\frac{\log(e)}{\log(e_{lim})} = \frac{\log(11)}{\log(5)} = 1.48 \text{ para este diseño se pueden ocupar mas de 2 etapas}$$

En este caso se ocupara solo 3 etapas, sacaremos la relación de trasmisión

$$\sqrt[3]{e} = \sqrt[3]{11} = \mathbf{2.22}$$

La relación de trasmisión es de 2.22 pero cada etapa tiene que ser diferente la relación de trasmisión la primera etapa tiene que ser mayor que la segunda etapa y la segunda etapa mayor que la tercera y se determinó de la siguiente manera:

$$e_1 = \mathbf{2.8}$$

$e_1 = \text{relacion de trasmision de la primera etapa}$

se obtuvo el valor del residuo para las dos etapas siguientes:

$$res = \frac{e}{e_1} = \frac{11}{2.8} = \mathbf{3.92}$$

sacamos raíz cuadrada

$$\sqrt{res} = \sqrt{3.92} = 1.9820$$

La segunda etapa tiene q ser menor que la primera pero mayor que la tercera etapa

$$e_2 = \mathbf{2.5}$$

para e_3 tenemos la siguiente formula:

$$e_2 * e_3 = res$$

$$e_3 = \frac{res}{e_2} = \frac{3.92}{2.5} = 1.568$$

$$e_3 = \mathbf{1.568}$$

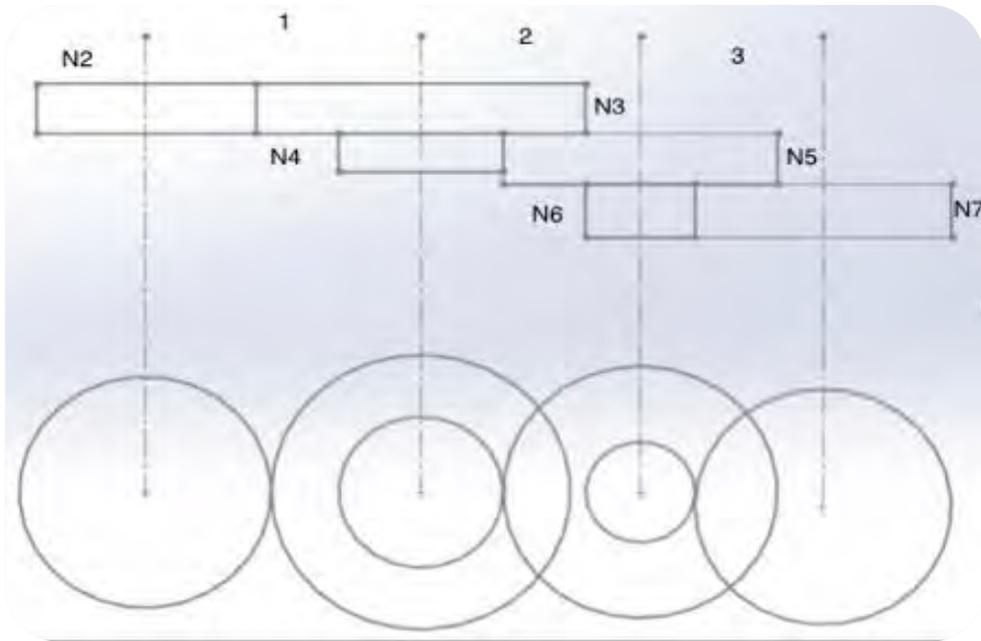


Ilustración 8 Caja de engranes

Por tablas “pagina 320 tabla 8-6 libro mott “de dientes de engranes para un ángulo de 20° de precisión se toma numero de dientes $N_{\text{piñon}} = 16$ máximo $N_{\text{maximo}} = 101$ dientes

2.3.7 Número de dientes de los engranes

Z = Numero de dientes

$$Z_2 = 16$$

$$Z_4 = 16$$

$$Z_6 = 16$$

$$Z_3 = e_1 * Z_2 = 2.8 * 16 = 45$$

$$Z_5 = e_2 * Z_4 = 2.5 * 16 = 40$$

$$Z_7 = e_3 * Z_6 = 1.568 * 16 = 26$$

Número de revoluciones “n”

$$n = n_1 \left(\frac{z_1}{z_2} \right)$$

$$n_{motor} = 2200 \text{rpm}$$

$$n_1 = n_2 = 2200$$

$$n_2 = n_1 \left(\frac{z_2}{z_3} \right) = 2200 \left(\frac{16}{45} \right) = 782.22 \text{rpm}$$

$$n_3 = n_2 \left(\frac{z_4}{z_5} \right) = 782.22 \left(\frac{16}{40} \right) = 312.88 \text{rpm}$$

$$n_4 = n_3 \left(\frac{z_6}{z_7} \right) = 312.88 \left(\frac{16}{26} \right) = 192.54 \text{rpm}$$

2.3.8 Par torque y potencia de engranes

“sistema internacional”

CARGA TRANSMITIDA, POTENCIA Y TORQUE

$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{12}$	$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60000}$	$T = Wt \cdot R$																																																
$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{12}$ <small>v=(ft/min) d=(in) n=(rpm)</small>	$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60000}$ <small>v=(m/s) d=(mm) n=(rpm)</small>																																																	
$P = \frac{Wt \cdot d \cdot n}{K1}$	$P = \frac{Wt \cdot v}{K2}$	$P = \frac{T \cdot n}{K3}$																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>SISTEMA</th> <th>P</th> <th>Wt</th> <th>d</th> <th>n</th> <th>K1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INGLES</td> <td>HP</td> <td>lb</td> <td>in</td> <td>rev/min</td> <td>126000</td> </tr> <tr> <td>S.I</td> <td>kW</td> <td>kN</td> <td>mm</td> <td>rev/min</td> <td>60000/π</td> </tr> </tbody> </table>	SISTEMA	P	Wt	d	n	K1	INGLES	HP	lb	in	rev/min	126000	S.I	kW	kN	mm	rev/min	60000/π	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>SISTEMA</th> <th>P</th> <th>Wt</th> <th>v</th> <th>K2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INGLES</td> <td>HP</td> <td>lb</td> <td>ft/min</td> <td>33000</td> </tr> <tr> <td>S.I</td> <td>W</td> <td>N</td> <td>m/s</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	SISTEMA	P	Wt	v	K2	INGLES	HP	lb	ft/min	33000	S.I	W	N	m/s	1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>SISTEMA</th> <th>P</th> <th>T</th> <th>n</th> <th>K3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INGLES</td> <td>HP</td> <td>lb*in</td> <td>rev/min</td> <td>63000</td> </tr> <tr> <td>S.I</td> <td>W</td> <td>N*m</td> <td>rev/min</td> <td>9,55</td> </tr> </tbody> </table>	SISTEMA	P	T	n	K3	INGLES	HP	lb*in	rev/min	63000	S.I	W	N*m	rev/min	9,55
SISTEMA	P	Wt	d	n	K1																																													
INGLES	HP	lb	in	rev/min	126000																																													
S.I	kW	kN	mm	rev/min	60000/π																																													
SISTEMA	P	Wt	v	K2																																														
INGLES	HP	lb	ft/min	33000																																														
S.I	W	N	m/s	1																																														
SISTEMA	P	T	n	K3																																														
INGLES	HP	lb*in	rev/min	63000																																														
S.I	W	N*m	rev/min	9,55																																														

Tabla 1 de potencia y torque (ingenieria s. , 2017)

$$T = \frac{P * K}{n}$$

P = Potencia

$K = \text{Constante "tablas"}$

$n = \text{Numero de rpm}$

$P = 342W$

$K = 9.55$

$$T_1 = \frac{P * K}{n_1} = \frac{342 * 9.55}{2200} = \mathbf{1.4845N \cdot m}$$

$$T_2 = \frac{P * K}{n_2} = \frac{342 * 9.55}{782.22} = \mathbf{4.1754N \cdot m}$$

$$T_3 = \frac{P * K}{n_3} = \frac{342 * 9.55}{312.88} = \mathbf{10.4388N \cdot m}$$

$$T_4 = \frac{P * K}{n_4} = \frac{342 * 9.55}{192.54} = \mathbf{16.9632N \cdot m}$$

2.3.9 Paso diametral

SELECCIONADO EN GRÁFICA

$Etapa_1 (m = 0.8; Pd = 31.750)$

$Etapa_2 (m = 1; Pd = 25.4)$

$Etapa_3 (m = 1.25; Pd = 20.320)$

$m = \text{modulo}$

$Pd = \text{paso diametral}$

Etapa 1

$$d_1 = m * z_2 = 0.8 * 16 = 12.8mm$$

$$d_2 = m * z_3 = 0.8 * 45 = 36mm$$

$d = \text{diámetro de paso}$

$z = \text{número de dientes}$

Etapa 2

$$d_3 = m * z_4 = 1 * 16 = 16mm$$

$$d_4 = m * z_5 = 1 * 40 = 40mm$$

Etapa 3

$$d_5 = m * z_6 = 1.25 * 16 = 20mm$$

$$d_6 = m * z_7 = 1.25 * 16 = 32.5mm$$

2.3.10 Valor de carga transmitida

$$W = \frac{P * K}{d * n}$$

W = valor de carga transmitida

P = potencia

K= constante

d = diámetro de paso

n = número de revoluciones

$$k = \frac{60000}{\pi}$$

$$w_1 = \frac{P * K}{d_2 * n_2} = \frac{0.342 * \frac{60000}{\pi}}{36 * 782.22} = 0.2319KN$$

$$w_2 = \frac{P * K}{d_4 * n_3} = \frac{0.342 * \frac{60000}{\pi}}{40 * 312.88} = 0.52190KN$$

$$w_3 = \frac{P * K}{d_6 * n_4} = \frac{0.342 * \frac{60000}{\pi}}{32.5 * 192.54} = 1.0438KN$$

2.3.11 Fuerza radial

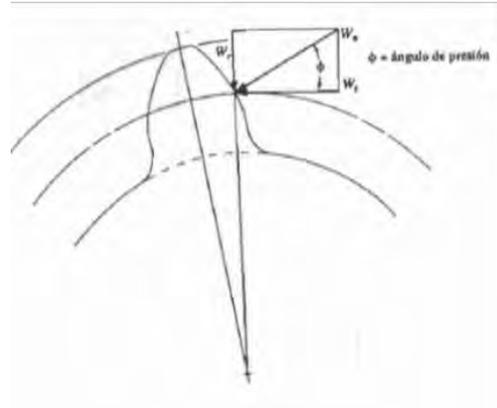


Ilustración 9 Ángulo de presión (ingeniería s. y., 2017)

$$W_r = w * \tan\theta$$

W = valor de carga transmitida

θ = ángulo de presión

$$W_{r1} = w_1 * \tan 20^\circ = 0.2319 * \tan 20^\circ = \mathbf{0.0844KN}$$

$$W_{r2} = w_2 * \tan 20^\circ = 0.52190 * \tan 20^\circ = \mathbf{0.11762KN}$$

$$W_{r3} = w_3 * \tan 20^\circ = 1.0438 * \tan 20^\circ = \mathbf{0.379912KN}$$

2.3.12 Paso circular

$$P_c = \pi * m$$

Pc = paso circular

m = modulo

$$P_{c1} = \pi * m_1 = \pi * 0.8 = \mathbf{2.5132}$$

$$P_{c2} = \pi * m_2 = \pi * 1 = \mathbf{\pi}$$

$$P_{c3} = \pi * m_3 = \pi * 1.25 = \mathbf{3.9269}$$

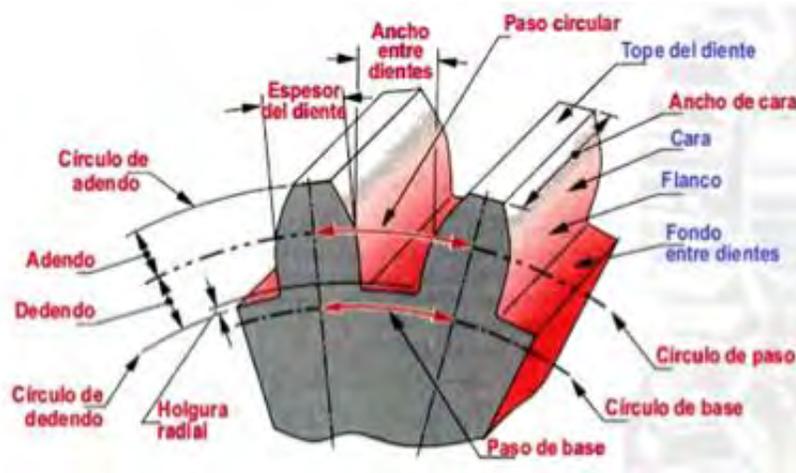


Ilustración 10 Partes de un engrane (Manyao, 2017)

2.3.13 Adendo

$$a = m * k$$

$$a = \text{adendo}$$

$$m = \text{modulo}$$

$$k = \text{constante (1mm "tablas")}$$

$$a_1 = m_1 * k = 0.8 * 1 = \mathbf{0.8}$$

$$a_2 = m_2 * k = 1 * 1 = \mathbf{1}$$

$$a_3 = m_3 * k = 1.25 * 1 = \mathbf{1.25}$$

2.3.14 Dedendo

$$b = 1.25 * m$$

$$b_1 = 1.25 * m_1 = 1.25 * 0.8 = \mathbf{1}$$

$$b_2 = 1.25 * m_2 = 1.25 * 1 = \mathbf{1.25}$$

$$b_3 = 1.25 * m_3 = 1.25 * 1.25 = \mathbf{1.5625}$$

2.3.15 Clerance (holgura) mott 315

$$c = 0.25 * m$$

$$c_1 = 0.25 * m_1 = 0.25 * 0.8 = \mathbf{0.2}$$

$$c_2 = 0.25 * m_2 = 0.25 * 1 = \mathbf{0.25}$$

$$c_3 = 0.25 * m_3 = 0.25 * 1.25 = \mathbf{0.3125}$$

2.3.16 Diámetro exterior

$$Do = d + 2a \quad \text{ó} \quad Do = m(N + 2)$$

Do = diámetro exterior

a = adendo

Etapas 1

$$Do_1 = d_1 * 2a = 12.8 * 2(0.8) = \mathbf{14.4mm}$$

$$Do_2 = d_2 * 2a = 36 * 2(0.8) = \mathbf{37.6mm}$$

Etapas 2

$$Do_3 = d_3 * 2a = 16 * 2(1) = \mathbf{18mm}$$

$$Do_4 = d_4 * 2a = 40 * 2(1) = \mathbf{42mm}$$

Etapas 3

$$Do_5 = d_5 * 2a = 20 * 2(1.25) = \mathbf{22.5mm}$$

$$Do_6 = d_6 * 2a = 32.5 * 2(1.25) = \mathbf{35mm}$$

2.3.17 Diámetro de raíz

$$Dr = d - 2b$$

Etapa 1

$$Dr_1 = d_1 - 2b_1 = 12.8 - 2(1) = \mathbf{10.8mm}$$

$$Dr_2 = d_2 - 2b_2 = 36 - 2(1) = \mathbf{34mm}$$

Etapa 2

$$Dr_3 = d_3 - 2b_3 = 16 - 2(1.25) = \mathbf{13.5mm}$$

$$Dr_4 = d_4 - 2b_4 = 40 - 2(1.25) = \mathbf{37.5mm}$$

Etapa 3

$$Dr_5 = d_5 - 2b_5 = 20 - 2(1.56) = \mathbf{16.88mm}$$

$$Dr_6 = d_6 - 2b_6 = 32.5 - 2(1.56) = \mathbf{29.38mm}$$

2.3.18 Altura total

$$h_t = a + b$$

Etapa 1

$$h_{t1} = a_1 + b_1 = 0.8 + 1 = 1.8mm$$

Etapa 2

$$h_{t2} = a_2 + b_2 = 1 + 1.25 = 2.25mm$$

Etapa 3

$$h_{t3} = a_3 + b_3 = 1.25 + 1.56 = 2.81mm$$

2.3.19 Profundidad de trabajo

$$h_{k1} = 2a$$

Etapa 1

$$h_{k1} = 2a_1 = 2(0.8) = \mathbf{1.6mm}$$

Etapa 2

$$h_{k2} = 2a_2 = 2(1) = \mathbf{2mm}$$

Etapa 3

$$h_{k3} = 2a_3 = 2(1.25) = \mathbf{3.12mm}$$

2.3.20 Espesor del diente en el paso circular

$$t_p = \frac{Pc}{2}$$

Etapa 1

$$t_{p1} = \frac{Pc_1}{2} = \frac{2.5132}{2} = \mathbf{1.2566mm}$$

Etapa 2

$$t_{p2} = \frac{Pc_2}{2} = \frac{\pi}{2} = \mathbf{1.5707mm}$$

Etapa 3

$$t_{p3} = \frac{Pc_3}{2} = \frac{3.9269}{2} = \mathbf{1.963445mm}$$

2.3.22 Distancia entre centros

$$c = \frac{D_G + D_P}{2}$$

c = distancia entre centros

D_G = diametro de paso de engrane 1 por etapa

D_P = diametro de paso de engrane 2 por etapa

Etapa 1

$$c_1 = \frac{D_{G1} + D_{P1}}{2} = \frac{12.8 + 36}{2} = \mathbf{24.4mm}$$

Etapa 2

$$c_2 = \frac{D_{G2} + D_{P2}}{2} = \frac{16 + 40}{2} = \mathbf{28mm}$$

Etapa 3

$$c_3 = \frac{D_{G3} + D_{P3}}{2} = \frac{20 + 32.5}{2} = \mathbf{26.25mm}$$

2.3.23 Espesor

$$3P_C < F < 5P_C \quad \text{ò} \quad F = m * 10$$

$$F_1 = m_1 * 10 = 0.8 * 10 = 8mm$$

$$F_2 = m_1 * 10 = 0.8 * 10 = 8mm$$

$$F_3 = m_2 * 10 = 1 * 10 = 10mm$$

$$F_4 = m_2 * 10 = 1 * 10 = 10mm$$

$$F_5 = m_3 * 10 = 1.25 * 10 = 12.5mm$$

$$F_6 = m_3 * 10 = 1.25 * 10 = 12.5mm$$

2.3.24 Esfuerzo flexionante de dientes

$$\sigma = \frac{W * d}{F * Y}$$

W = carga transmitida

d = paso diametral

F = ancho de cara

Y = factor de Lewis

$$Y_1 = 0.502$$

$$Y_2 = 0.678$$

$$Y_3 = 0.502$$

$$Y_4 = 0.669$$

$$Y_5 = 0.502$$

$$Y_6 = 0.582$$

Etapas 1

$$\sigma_1 = \frac{w_1 * d_1}{F_1 * Y_1} = \frac{0.2319 * 12.8}{8 * 0.502} = \mathbf{0.73}$$

$$\sigma_2 = \frac{w_1 * d_2}{F_2 * Y_2} = \frac{0.2319 * 36}{8 * 0.678} = \mathbf{1.5}$$

Etapas 2

$$\sigma_3 = \frac{w_2 * d_3}{F_3 * Y_3} = \frac{0.52190 * 16}{10 * 0.502} = \mathbf{1.66}$$

$$\sigma_4 = \frac{w_2 * d_4}{F_4 * Y_4} = \frac{0.52190 * 40}{10 * 0.669} = \mathbf{3.12}$$

Etapa 3

$$\sigma_5 = \frac{w_3 * d_5}{F_5 * Y_5} = \frac{1.048 * 20}{12.5 * 0.502} = \mathbf{3.340}$$

$$\sigma_6 = \frac{w_3 * d_6}{F_6 * Y_6} = \frac{1.048 * 32.5}{12.5 * 0.588} = \mathbf{4.63}$$

Una vez terminado el cálculo de los engranes se dibujaron en SolidWorks, de igual manera se diseñó la caja donde irán montados los engranes y; el motor como se muestra en las siguientes imágenes:

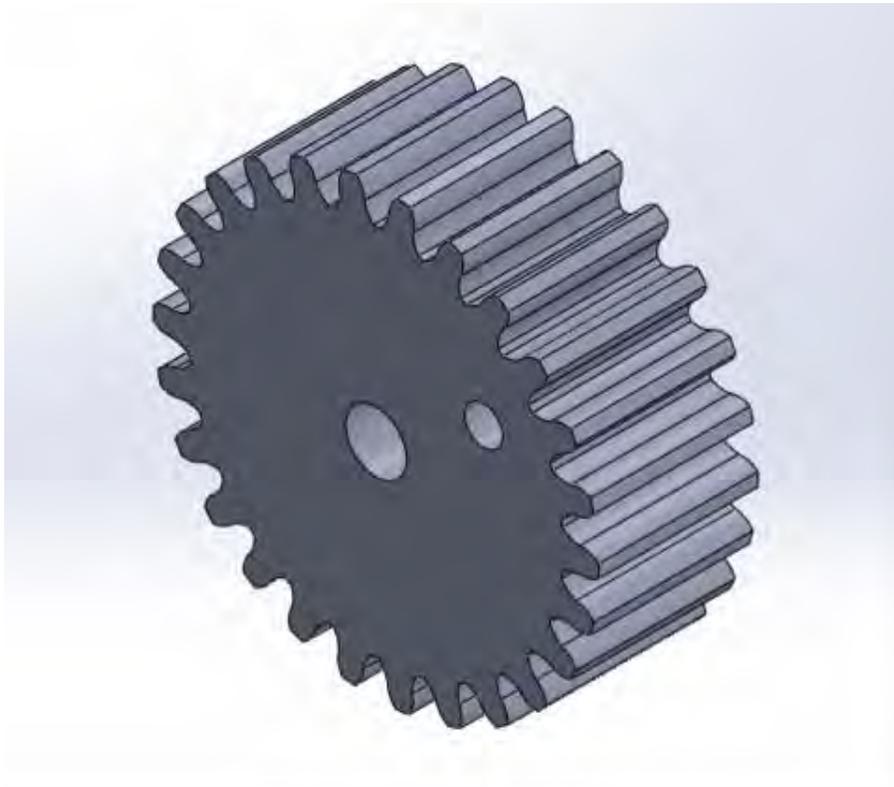


Imagen 48 Engrane 4

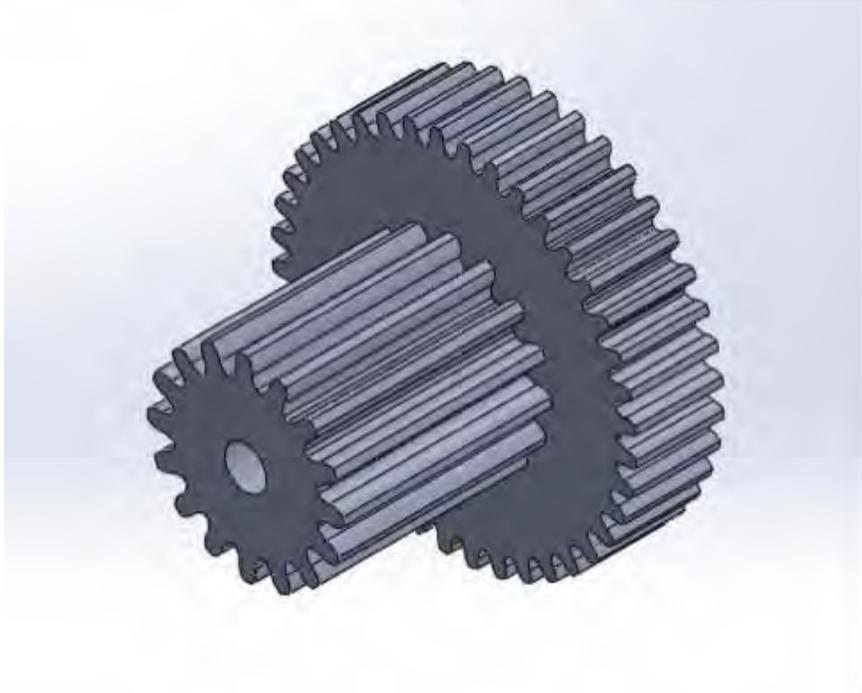


Imagen 49 Engrane 3

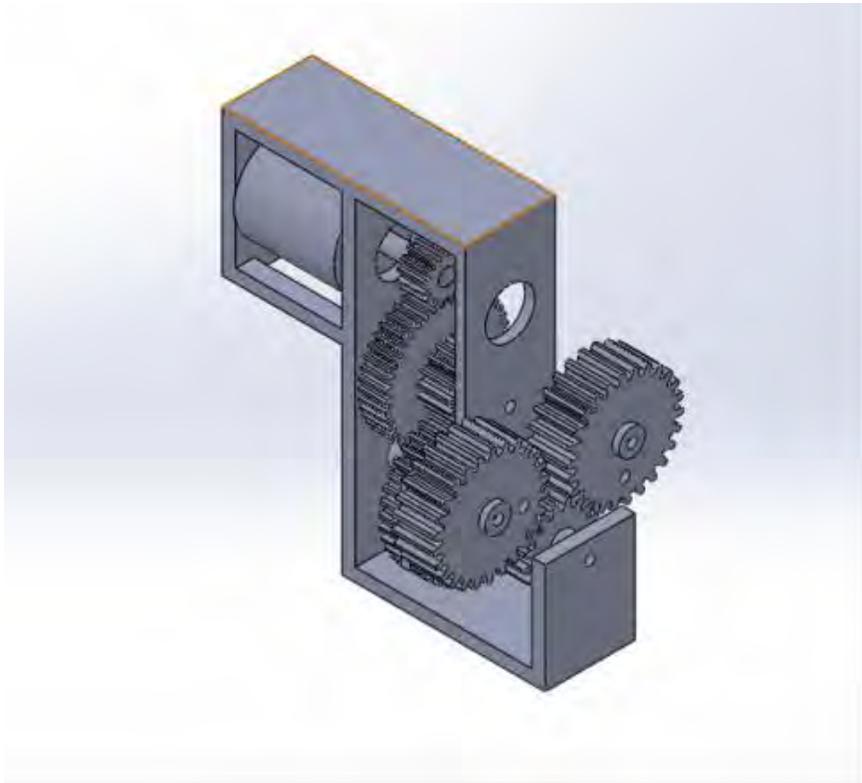


Imagen 50 Caja de engranes

Ya concluido el diseño se imprimieron las piezas en 3D como se muestra en las siguientes imágenes:



Imagen 51 Impresión de engranes



Imagen 52 Impresión de cuerpo para caja de engranes



Imagen 54 Cuerpo para caja de engranes



Imagen 53 Impresión de engrane 3

2.4 ARMADO DE PROTOTIPO

Una vez teniendo todas las piezas se armó este ornitóptero como se muestra en las siguientes imágenes:

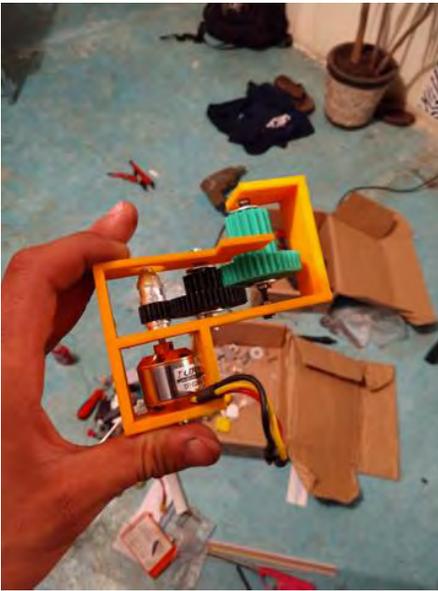


Imagen 56 Armado de caja reductora de velocidad



Imagen 55 Caja reductora de velocidad



Imagen 57 Ornitóptero armado

CAPÍTULO 3

Pruebas

3.1 Modelos y Prototipo

- **Modelo 1**



Imagen 58 Modelo 1

Dimensiones: 120cm x 35cm

Peso aproximado: 125gr.

Materiales: Papel cascarón, chinchas, popotes, papel china.

- **Modelo 2**

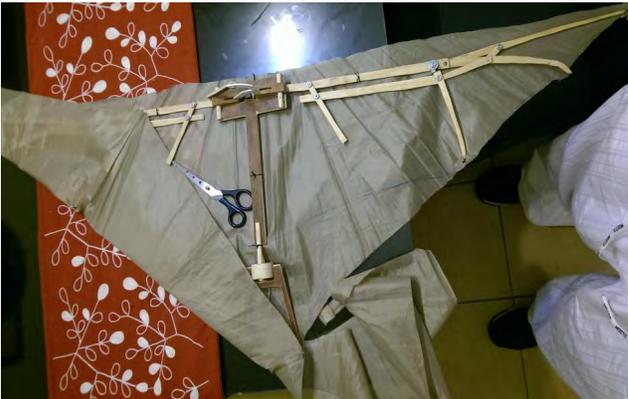


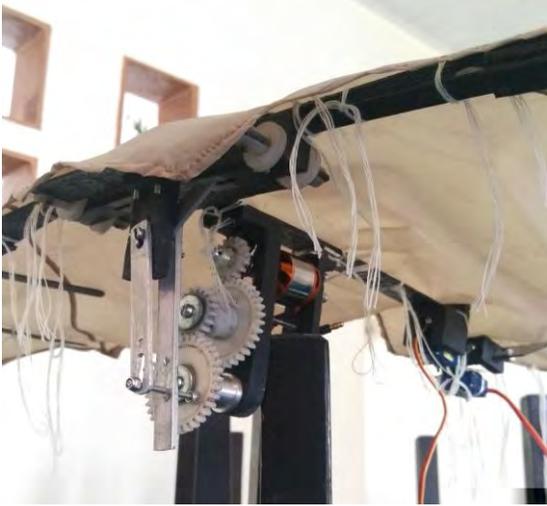
Imagen 59 Modelo 2

Dimensiones: 120cm x 35cm

Peso aproximado: 275gr.

Materiales: Madera, Nylon

- **Modelo 3**



Dimensiones: 125cm x 40cm

Peso aproximado: 520gr.

Materiales: Fibra de carbono, Nylon, Nylamid

Imagen 60 Modelo 3

- **Prototipo conceptual**



Dimensiones: 130cm x 41.5cm

Peso aproximado: 475gr.

Materiales: Fibra de carbono, Nylon, plástico

Imagen 61 Prototipo conceptual

3.2 DESEMPEÑO

Primero se tenía que comprobar que realmente los materiales del esqueleto fuesen resistentes y a su vez ligeros para planear. Para comprobar esto se arrojó el dron de una altura la cual permitiera que el ornitóptero planeara, se arrojó el dron con la cola en dos posiciones la primera con la cola hacia abajo y la segunda vez que se aventó fue con la cola hacia arriba. En la primera el dron callo en picada y en la segunda si planeo.

Una vez demostrado que sí planeaba se conectó la batería y se puso en marcha el mecanismo. Pero a la hora de echar andar el mecanismo se notó que tenía un exceso de fricción por lo cual se revisó y se encontró que el cuerpo donde están montados los engranes no es lo suficientemente rígido como para mantener estos en su lugar, por tal motivo no fue posible volar. En la siguiente tabla se muestra se muestra una comparación de desempeño ente los modelos y el prototipo.

TABLA DE DESEMPEÑO

Ornitóptero	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	PROTOTIPO
Planeo	N/A	SI	SI	SI
picada	N/A	SI	SI	SI
Giro	N/A	SI	SI	SI
Resistencia de material	NADA	REGULAR	MUCHO	MUCHO
Movimiento de alas	N/A	NO	SI	SI
Movimiento de cola	N/A	N/A	N/A	NO
Vuelo	N/A	N/A	NO	NO

Tabla 2 Tabla de desempeño.

Conclusiones

Pese a que no existe mucha información se logró la descripción de los conceptos y principios básicos del funcionamiento de los ornitópteros, para así enfocarse en el diseño conceptual del proyecto.

Durante la etapa de diseño se utilizó la biocinética para construcción de una serie modelos con distintos materiales fáciles de manipular, los cuales nos sirvieron para analizar la configuración mecánica del ornitóptero. Gracias a estos modelos se diseñó conceptualmente una caja reductora de velocidad para el mecanismo de aleteo y el esqueleto, ayudándonos con un software de diseño asistido por computadora (SolidWorks).

Se construyó el prototipo final retomando los planos del diseño conceptual, se trabajó con los materiales para construir los componentes del ornitóptero y por último se armó el prototipo.

Durante la evaluación de desempeño se detectó un problema en los materiales de la caja reductora de velocidad, ya que no eran los apropiados y por lo tanto este prototipo no voló.

Trabajo a futuro

Se recomienda hacer un estudio aerodinámico en un túnel de viento con el objetivo de determinar si el ornitóptero es funcional tal y como esta, si no fuera el caso este estudio nos ayudaría a modificar dicho ornitóptero para que fuese funcional.

El ornitóptero se puede manufacturar utilizando otros materiales para así hacerlo más resistente y sofisticado. Aunque esto depende de las necesidades, recursos, para qué y donde va ser utilizado.

Este proyecto servirá para seguir desarrollando el ornitóptero y temas relacionados, con esto se logrará evolucionar tecnológicamente construyendo mecanismos basados en los seres vivos que nos permitirá en un futuro crear maquinas más eficientes.

Anexos

3.1 Materiales ocupados

3.1.1 Fibra de carbono

La fibra de carbono es una fibra sintética construida por finos filamentos de 5–10 μm de diámetro y compuesto principalmente por carbono.¹ Cada fibra de carbono es la unión de miles de filamentos de carbono. Se trata de una fibra sintética porque se fabrica a partir del poliácridonitrilo. Tiene propiedades mecánicas similares al acero y es tan ligera como la madera o el plástico. Por su dureza tiene mayor resistencia al impacto que el acero.

La principal aplicación es la fabricación de materiales compuestos, en la mayoría de los casos —aproximadamente un 75%— con polímeros termoestables. El polímero es habitualmente resina epoxi, de tipo termoestable aunque también puede asociarse a otros polímeros, como el poliéster o el viniléster.

3.1.1.1 Estructura

La estructura atómica de la fibra de carbono es similar a la del grafito, consistente en láminas de átomos de carbono ordenados en un patrón regular hexagonal. La diferencia está en la manera en que esas hojas se entrecruzan. El grafito es un material cristalino en donde las hojas se sitúan paralelamente unas a otras de manera regular. Las uniones químicas entre las hojas son relativamente débiles, lo que proporciona al grafito su blandura y brillo característicos. La fibra de carbono es un material amorfo: las láminas de átomos de carbono se colocan al azar, apretadas o juntas. Esta integración de las láminas de carbono es responsable de su alta resistencia.

La densidad de la fibra de carbono es de 1.750 kg/m³. Es conductor eléctrico y de baja conductividad térmica. Al calentarse, un filamento de carbono se hace más grueso y corto.

Su densidad lineal (masa por unidad de longitud, con la unidad * 1 tex = 1 g/1000 m) o por el número de filamentos por yarda, en miles.

3.1.1.2 Propiedades

Las propiedades principales de este material son:

Muy elevada resistencia mecánica, con un módulo de elasticidad elevado.

Baja densidad, en comparación con otros materiales como por ejemplo el acero.

Elevado precio de producción.

Resistencia a agentes externos.

Gran capacidad de aislamiento térmico.

Resistencia a las variaciones de temperatura, conservando su forma, sólo si se utiliza matriz termoestable.

Las razones del elevado precio de los materiales realizados con fibra de carbono se deben a varios factores:

El refuerzo, fibra, es un polímero sintético que requiere un caro y largo proceso de producción. Este proceso se realiza a alta temperatura -entre 1100 y 2500 °C- en atmosfera de hidrógeno durante semanas (o incluso meses) dependiendo de la calidad que se desee obtener, ya que pueden realizarse procesos para mejorar algunas de sus características una vez que se ha obtenido la fibra.

El uso de materiales termoestables dificulta el proceso de creación de la pieza final, ya que se requiere de un complejo utillaje especializado, como el horno autoclave.

3.1.1.3 Usos

La fibra de carbono (FC) se desarrolló inicialmente para la industria espacial, pero ahora, al bajar de precio, se ha extendido a otros campos donde tiene muchas aplicaciones: Principalmente la industria del transporte y el deporte de alta competición. En la industria aeronáutica y automovilística, al igual que en barcos y en bicicletas, donde sus propiedades mecánicas y ligereza son muy importantes.

También se está haciendo cada vez más común en otros artículos de consumo como patines en línea, raquetas de tenis, edificios, ordenadores portátiles, trípodes y cañas de pesca e incluso en joyería. últimamente encontramos la FC hasta en carteras de bolsillo (monederos y billeteras), relojes, escudos, autos de carrera, tractores, palas, etc2

Elementos que se pueden elaborar con la fibra de carbono

Construcciones

Cascos de motocicleta

Material deportivo

Drones

Instrumentos musicales

Cañas de pescar de competición y o muy alta resistencia.

Prótesis

3.2 Motor Brushless TURNIGY D2826/6 2200KV

La palabra brushless se puede traducir como "sin escobillas", las escobillas son los elementos que hacen contacto en el colector de un motor común. En los motores de DC más pequeños, son de una aleación de cobre y en motores mas grandes son de un compuesto a base de carbón.

Estos motores carecen de colector y escobillas o carbones. Entonces, ¿Cómo funcionan? Es simple, en vez de funcionar en DC funcionan en AC, la mayoría se alimentan con una señal trifásica, esta señal idealmente debería ser sinusoidal, pero en la practica son pulsos, haciendo que la señal sea un continua pulsante o bien una continua con mucho componente de AC sin embargo se los clasifica como de DC porque al igual que los motores comunes tienen imanes permanentes.

Especificaciones:

-RPM / V: 2.200 kv

-Eje: 3,17 mm

-Tensión: 2S ~ 3S (7.4v para 11.1v)

-Peso: 50 g

-Watts: 342w

-Max actual: 34A

-ESC: 40A sugerido

Kv(rpm/v)	2200
Weight (g)	50
Max Current(A)	34
Resistance(mh)	0
Max Voltage(V)	11
Power(W)	342
Shaft A (mm)	3.17
Length B (mm)	30
Diameter C (mm)	28
Can Length (mm)	14
Total Length E (mm)	40

Tabla 3 Datos de motor (teslabem, 2018)

-Prop: 7x4 (2S) ~ 5x5 (3S)

Orificio de montaje:

-Perno círculo: 16 mm o 19 mm

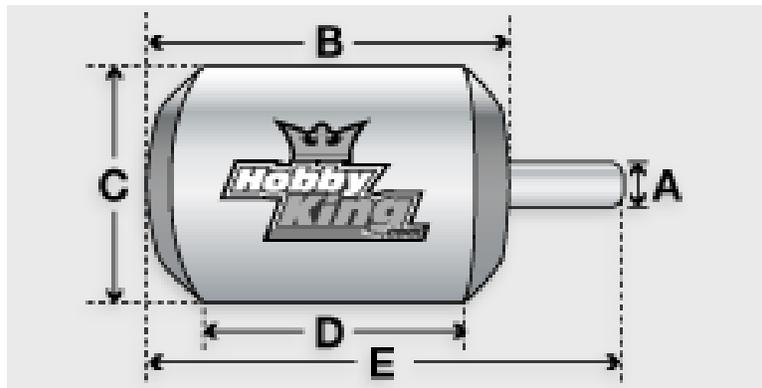


Imagen 62 Motor (teslabem, 2018)

3.3 Batería Lipo 1AH 11.1V 1000mAh 3S

Características:

Batería de Polímero de Litio de 3 Celdas.

-Capacidad Mínima: 1000mAh

-Configuración: 3S1P / 11.1v / 3celdas

-Constante de descarga: 30C

-Pico de descarga (10sec): 40C

-Peso: 93g

-Dimensiones: 73 x 35 x 19 mm

-Plug de carga: JST-XH

-Plug de descarga: JST Macho de 2 pines.

Especificaciones:

Capacity(mAh)	1000
Config (s)	3
Discharge (c)	20
Weight (g)	79
Max Charge Rate (C)	2
Length-A(mm)	77
Height-B(mm)	35
Width-C(mm)	17

Tabla 4 Bateria

3.3.1 Cuidados de las baterías lipo:

-Recargue siempre la batería en un área protegida y alejada de combustibles.

-Vigile y supervise siempre el proceso de carga estando presente durante el mismo.

-Evite cargar una batería dañada.

-Si observa que alguna batería se hincha durante el proceso de carga interrumpa éste inmediatamente y retírela a un lugar seguro en el exterior ya que podría ocasionarse un incendio

-Lo más importante: nunca conecte una batería Li-Po a cargar y deje el proceso de carga sin vigilancia. Podría ocurrir un incendio.

-Las baterías lipo es importante no descargarlas completamente ya que su posterior carga será menor, siempre dejé de utilizar la batería lipo cuando vea que el aparato pierde toda la fuerza, no espere a gastar la batería completamente, si lo hace la batería no admitirá carga.

-Por favor, no cargue la batería más del tiempo especificado en las instrucciones.

-Vigile la carga, si la batería se calienta demasiado, desconecte la carga inmediatamente.

- No utilizar el aparato una vez cargada la batería, esperar unos minutos.
 - Una vez utilizado el aparato, no cargue la batería inmediatamente, espere al menos 15 minutos para que se enfríe.
- Si va a estar mucho tiempo sin utilizarse, déjela cargada.

3.4Control y Receptor HK 2.4GHz de 4 Canales (Modo 2)

Características:

Sistema de 2.4ghz Hobbykings T6A es un transmisor de nivel de entrada que ofrece la fiabilidad de la tecnología de señal de 2,4 GHz y un receptor con 4 canales.

Este transmisor requiere un PC para modificar cualquiera de las variables del canal, incluyendo la mezcla y servo de marcha atrás.

Especificaciones:

- Transmisor de 2,4 GHz 6 canales con servo de marcha atrás.
- Fácil de usar el control para los modelos básicos.
- Incluye receptor de 6 canales
- Opción del sistema Trainer.
- Este sistema debe ser programado a través del cable PC.

Incluido:

- 1 x transmisor de 2.4Ghz
- 1 x Receptor 2.4Ghz
- 1 x Enlazar Plug.

3.5 Speed Control para Motor Brushless 40^a

Características:

La serie performance de Turnigy ESC dan un excelente tiempo de sincronización rápida para acomodar una amplia gama de motores y MOSFET hechos en los EE.UU. para la alta fiabilidad.

Especificaciones:

- Cont actual: 18A
- Burst actual: 40A
- Modo BEC: Lineal
- BEC: 5v / 2A
- Las células Lipo: 2-4
- NiMH: 5-12
- Peso: 19g
- Tamaño: 24x45x11mm

Programable por el usuario, tanto a través del controlador y la tarjeta de programación opcional. La tarjeta de programación es un artículo excelente, ya que le dice al instante al usuario la configuración actual y con unos simples clics de los botones, el usuario puede cambiar la configuración y tener tranquilidad gráfica de esos cambios.

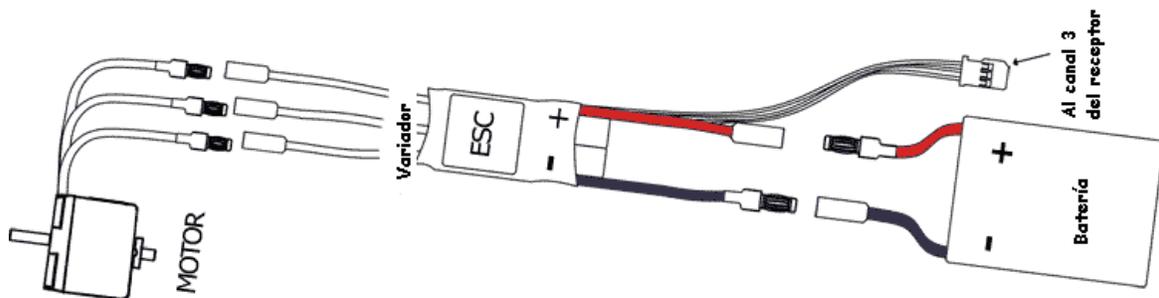


Imagen 63 Sistema eléctrico (teslabem, 2018)

3.6 Nylon

Las poliamidas presentan unas propiedades físicas próximas a las de los metales como la resistencia a la tracción entre 400-600 Kg/cm². Tienen un coeficiente de rozamiento muy bajo no necesitando lubricantes las piezas que son sometidas a fricción, buena resistencia química, fácil moldeo, y resistencia a temperaturas de trabajo de hasta 1200 °C.

De manera general, las características del nylon, son:

- Dureza
- Capacidad de amortiguación de golpes, ruido, vibraciones
- Resistencia al desgaste y calor
- Resistencia a la abrasión
- Inercia química casi total
- Antiadherente
- Inflamable
- Excelente dieléctrico
- Alta fuerza sensible
- Excelente abrasión

Las principales aplicaciones del nylon es la textil, que, debido a su elasticidad, resistente, no la ataca la polilla, no requiere planchado, se utiliza en la confección de medias, tejidos y telas de punto, paracaídas, etc.

Bibliografía

- Aizcorbe, J. (18 de 5 de 2017). *bolgspot*. Obtenido de <http://eloteaderodejavi.blogspot.mx/2015/02/el-vuelo-de-aves-y-murcielagos-mas.html>
- animales extincion*. (01 de 11 de 2017). Obtenido de noticias y artículos sobre la extinción: http://www.animalesextincion.es/articulo.php?id_noticia=205
- BATWORLDS*. (15 de 08 de 2017). Obtenido de <https://www.batworlds.com/es/alimentacion-de-los-murcielagos/>
- bogspot*. (17 de 6 de 2017). Obtenido de corriente aérea : <http://corrienteaerea.blogspot.mx/2013/03/cohete-de-agua-con-paracaidas.html>
- Camarena, C. (30 de 12 de 2017). *Mas México*. Obtenido de <https://mas-mexico.com.mx/nuevo-leon-participa-en-programa-internacional-para-preservar-a-murcielagos/>
- channel, h. (7 de 12 de 2016). *dailymotion*. Obtenido de <http://www.dailymotion.com/video/xbv6tg>
- complot*. (4 de 2 de 2017). Obtenido de <http://complotmagazine.com/7-inventos-de-leonardo-da-vinci-que-cambiaron-el-mundo/>
- Cueva, H. d. (10 de 11 de 2017). *revista de cultura científica*. Obtenido de FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO: <http://www.revistaciencias.unam.mx/en/184-revistas/revista-ciencias-42/1729-la-biomec%C3%A1nica.html>
- definicion.de*. (02 de 01 de 2018). Obtenido de <https://definicion.de/>
- el secreto de los pajaros*. (05 de 05 de 2017). Obtenido de la invención del vuelo : <https://elsecretodelospajaros.net/2014/01/06/el-vuelo-de-las-aves/>
- Fluidos*. (10 de 8 de 2017). Obtenido de fuerza de rosamiento: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/fluidos/reynolds/reynolds.html>
- Guenther, L. (29 de 1 de 2017). *DLTK*. Obtenido de Actividades educativas de DLTK para niños: <http://www.dltk-ninos.com/educacional/animales/murcielagos/hechos1.htm>
- Historia, R. d. (17 de 04 de 2018). *La máquina voladora de Leonardo Da Vinci*. Obtenido de <https://revistadehistoria.es/la-maquina-voladora-leonardo-da-vinci/>

iasca. (09 de 11 de 2017). Obtenido de <https://www.iasca.aero/blog/2015/01/28/que-es-un-ornitoptero-y-como-se-usa/>

ingenieria, s. (05 de 07 de 2017). *youtube*. Obtenido de *syb ingenieria* :
<https://www.youtube.com/watch?v=3yFrIpsz8mY>

ingenieria, s. y. (04 de 07 de 2017). *youtube*. Obtenido de
<https://www.youtube.com/watch?v=5ZwSvOrOfec>

Los de abajo ala izquierda. (23 de 05 de 2017). Obtenido de blog colectivo y experimental:
<http://losdeabajoalaizquierda.blogspot.mx/2014/06/murcielagos-pescadores-europeos.html>

LOS MURCÍELAGOS. (22 de 09 de 2017). Obtenido de
<https://sites.google.com/site/losmurcielagosmo/alimento/murcielagos-carnivoros>

Manyao. (18 de 04 de 2017). *bogspot*. Obtenido de engranes :
<http://engranajesconicosytornillosinfin.blogspot.mx/2016/07/engranajes-conicos-y-tornillos-sin-fin.html>

MOTT, R. L. (2017). *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS*. México : PEARSON.

Murcielagopedia. (11 de 03 de 2017). Obtenido de enciclopedia experta:
<http://www.murcielagopedia.com/murcielago-vampiro/>

piojillos. (23 de 08 de 2017). Obtenido de <http://piojillos.blogspot.mx/2012/01/animales-mecanicos.html>

quiminet. (5 de 1 de 2018). Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/el-nylon-y-sus-diferentes-aplicaciones-2561039.htm>

radiocontrol. (17 de 4 de 2017). Obtenido de <https://www.radiocontrolmx.com/galeria>

scielo peru. (07 de 06 de 2017). Obtenido de revista peruana de medicina experimental y salud publica: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342007000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=es

sinac. (19 de 8 de 2017). Obtenido de
<http://www.acguanacaste.ac.cr/rothschildia/v4n1/textos/murcielagos.html>

teslabem. (3 de 1 de 2018). Obtenido de <http://teslabem.com/productos/drones/brushless-turnigy-d2826-6-2200kv.html>

trome. (22 de 04 de 2016). Obtenido de <http://archivo.trome.pe/escolar/conoce-mas-sobre-mamiferos-voladores-2009305>

WIKIPEDIA. (17 de 06 de 2016). Obtenido de La Enciclopedia Libre :

https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Ala_de_murci%C3%A9lago_2_%28morfolog%C3%ADa%29.jpg

youtube. (5 de 5 de 2017). Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=Yj5FVHwnztA>

youtube. (4 de 12 de 2017). Obtenido de

<https://www.youtube.com/watch?v=YBkaINpNnVI>