



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**DISEÑO DE UN VEHÍCULO AÉREO TRIPULADO FUNDAMENTADO EN TECNOLOGÍA
ACTUAL UTILIZADA EN DRONES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecatrónico

AUTORES: MIKE FERNANDO AGUIRRE NAULA

DIEGO FERNANDO JIMÉNEZ ORDOÑEZ

TUTOR: ING. JOHN IGNACIO CALLE SIGUENCIA, PhD.

Cuenca - Ecuador

2023

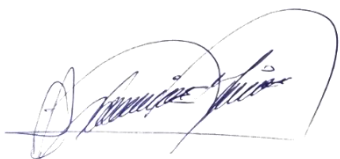
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Mike Fernando Aguirre Naula con documento de identificación N° 0106760721 y Diego Fernando Jiménez Ordoñez con documento de identificación N° 0106668205; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 24 de marzo del 2023

Atentamente,



Mike Fernando Aguirre Naula

0106760721



Diego Fernando Jiménez

Ordoñez

0106668205

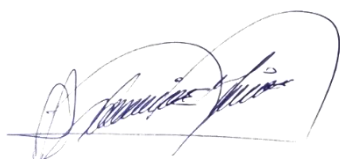
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Mike Fernando Aguirre Naula con documento de identificación N° 0106760721 y Diego Fernando Jiménez Ordoñez con documento de identificación N° 0106668205, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño de un vehículo aéreo tripulado fundamentado en tecnología actual utilizada en drones”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecatrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de marzo del 2023

Atentamente,



Mike Fernando Aguirre Naula

0106760721



Diego Fernando Jiménez

Ordoñez

0106668205

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, John Ignacio Calle Siguencia con documento de identificación N° 0102118213, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN VEHÍCULO AÉREO TRIPULADO FUNDAMENTADO EN TECNOLOGÍA ACTUAL UTILIZADA EN DRONES, realizado por Mike Fernando Aguirre Naula con documento de identificación N° 0106760721 y Diego Fernando Jiménez Ordoñez con documento de identificación N° 0106668205, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de marzo del 2023

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
JOHN IGNACIO CALLE
SIGUENCIA

Ing. John Ignacio Calle Siguencia, PhD.

0102118213

Dedicatoria

Mike Aguirre

Dedico esta tesis primeramente a Dios por darme la vida, quien fue, es y será mi luz y guía en el camino de la vida y por darme a mi Familia quienes han sido el pilar fundamental en cada ámbito de mi vida, siempre me han apoyado y quienes me han enseñado desde el ejemplo todo lo que un buen ser humano y profesional deber saber.

Diego Jimenez

Dedico todo mi esfuerzo y sacrificio de esta tesis a mis padres ya que fueron mi pilar fundamental para seguir adelante en los buenos y malos momentos, por inculcarme todos los valores necesarios para nunca rendirme y llegar a ser un buen profesional y nunca rendirme antes las adversidades de la vida.

Agradecimientos

Mike Aguirre

Agradezco a Dios por darme la vida, por acompañarme en todos los momentos de mi vida, por guiarme por el camino de la verdad, por permitirme llegar hasta este momento de mi vida. Agradezco a mi familia que me ha inculcado desde el inicio, la humildad, el aprender a trabajar ya que el trabajo dignifica al hombre y lo acerca más a Dios, por ser ese pilar inquebrantable en mi formación como ser humano y como profesional, por saber educarme desde el ejemplo a no darme por vencido frente a las adversidades de la vida sino que es cuando debe aflorar nuestros valores inculcados y buscar la manera de hacer el bien, gracias por permitirme ser un hombre de bien, y me han mostrado que el amor a Dios va por sobre todas las cosas y es por ellos que intentare superarme cada día para que se sientan orgullosos de mí y seguir todos los valores que se me enseñó para poder ser dignos del amor y la bendición de Dios. Finalmente quiero agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana y al Ing. John Calle, ya que, con su experiencia y conocimiento adquirido a lo largo de su carrera, nos ha brindado de sobremanera su apoyo en todo este proceso.

Diego Jimenez

A mis padres quiero expresarles mi más profundo agradecimiento por todo el apoyo incondicional que me han brindado en este proceso de elaboración de mi tesis. Gracias por creer en mí, por alentarme cuando perdía la motivación, por escucharme y aconsejarme en los momentos difíciles y por celebrar conmigo cada pequeño avance. También quiero dar gracias a Dios por permitirme llegar hasta aquí, por iluminar mi mente y darme la fuerza necesaria para superar los obstáculos. Esta tesis no solo es mi logro, sino también suyo, y espero que se sientan orgullosos de haber criado a una persona que persevera y lucha por sus metas. Agradezco al Ing. John Calle por su invaluable ayuda y orientación durante mi proceso de tesis. Desde el inicio, me brindó su experiencia, sus conocimientos y su tiempo para guiarme en cada paso del camino. Finalmente quiero agradecer a la universidad Politécnica Salesiana por abrirme las puertas y por todas las oportunidades de ser mejor estudiante y mejor persona

Índice

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMA.....	2
2.1. Antecedentes.....	2
2.2. Descripción del problema.....	2
2.3. Importancia y alcances.....	2
2.4. Delimitación.....	2
2.4.1. Espacial o geográfica	2
2.4.2. Temporal	3
2.4.3. Sectorial o institucional.....	3
2.5. Problema General	3
2.6. Problemas Específicos	3
3. OBJETIVOS	3
3.1. Objetivo General	3
3.2. Objetivos Específicos.....	4
4. MARCO TEÓRICO	4
4.1. Introducción a los drones	4
4.1.1. ¿Qué es un drone?.....	5
4.1.2. ¿Cómo funciona un drone?	5
4.2. Tipos de drones	6
4.2.1. Por definición.....	6
4.2.2. Tipos de drones según la sustentación.....	7

4.2.3. Tipología por número de brazos	8
4.3. Partes del Drone.....	11
4.3.1. Chasis.....	12
4.3.2. Motores	12
4.3.3. Hélices.....	13
4.3.4. Variadores de velocidad (ESC).....	14
4.3.5. Controlador de vuelo.....	14
4.3.6. Modulo GPS.....	15
4.3.7. Receptor	16
4.3.8. Batería.....	16
4.4. Materiales utilizados en drones.....	17
4.4.1. Polímeros	17
4.4.2. Aluminio	18
4.4.3. Fibra Carbono	18
4.4.4. Fibra de vidrio.....	18
4.4.5. Policarbonato	18
4.4.6. Materiales utilizados en vehículos aéreos tripulados.....	19
4.4.7. Proceso de manufactura utilizados en la construcción de drones tripulados	20
4.5. Análisis de prototipos de vehículos aéreos tripulados	21
5. MARCO METODOLÓGICO.....	31
5.1. Metodología de la investigación	31
5.2. Metodología del proceso.....	32
5.3. Diseño del vehículo aéreo tripulado	33
5.3.1. Diseño de concepto.....	33
5.3.2. Selección de componentes	38
5.3.3. Diseño y cálculo de la estructura	46
5.3.4. Diseño a detalle.....	58
5.3.5. Análisis de costos.....	59

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	63
7. CONCLUSIONES	68
8. BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	72

Lista de Tablas

Tabla 1 Investigación de enfoque	31
Tabla 3 Discriminación para selección del tipo de vehículo aéreo tripulado	34
Tabla 4 Comparativa de los modelos Jetson Aero Speeder y The human drone.....	34
Tabla 5 Calificación de prototipo	35
Tabla 6 Materiales específicos.....	47
Tabla 7 Masas que influyen en la estructura.....	49
Tabla 8 Suma de las masas	49
Tabla 10 Resultados simulación	54
Tabla 11 Resultados con sustentación	57
Tabla 12 Análisis de costos del sistema estructural.....	60
Tabla 13: Análisis de costos Asiento	61
Tabla 14 Análisis de costos Sistema de sustentación	62
Tabla 15	64

Lista de Figuras

Figura 1 Drone de ala fija	7
Figura 2 Drone multirrotor.....	8
Figura 3 Drone tricóptero.....	9
Figura 4 Cuadricóptero	9
Figura 5 Hexacóptero.....	10
Figura 6 Octocóptero	10
Figura 7 Drones Coaxiales.....	11
Figura 8 Chasis de fibra de carbono.....	12
Figura 9 Motor brushless y motor brushed	13
Figura 10 Hélices de Drone	13
Figura 11 Controlador de velocidad	14
Figura 12 Controlador de vuelo	15
Figura 13 Modulo GPS	15
Figura 14 Receptor de drone.....	16
Figura 15 Batería LiPo.....	17
Figura 16 Aluminio normalizado.....	20
Figura 17 Prototipo Jetson Aero	22
Figura 18 Motor brushless 100kv Freerchbby	22
Figura 19 Hélice de madera 32*10.....	23
Figura 20 ESC 200 A FLIER.....	23
Figura 21 Batería lipo turnigy.....	23
Figura 22 The human drone prototipo	24
Figura 23 Motor 80kv	25
Figura 24 Hélice de madera 32*10	25
Figura 25 ESC 250A.....	25
Figura 26 Batería lipo 25000mAh	26
Figura 27 Drone tripulado de Cambodian prototipo.....	27
Figura 28 Motor 70kv	27
Figura 29 Hélice 35*13.6.....	27
Figura 30 ESC 300A.....	28

Figura 31 Batería lipo 22000mAh	28
Figura 32 Prototipo Flying man.....	29
Figura 33 Motor 60kv	29
Figura 34 Hélice 40*16.....	29
Figura 35 ESC 400A.....	30
Figura 36 Batería 25000mAh.....	30
Figura 37 Metodología del proceso	32
Figura 38 Boceto de la estructura del prototipo.....	37
Figura 39 Boceto del conjunto del prototipo	37
Figura 40 Asiento tipo buggy 6 puntos.....	38
Figura 41 Medidas de asiento tipo buggy 6 puntos	39
Figura 42 Motor brushless 50Kv	39
Figura 43 Dimensiones de Alien Power System Brushless Motor	40
Figura 44 Esc 400A	41
Figura 45 Hélices V32*12.8	42
Figura 46 Dimensiones de helicesV32*12.8	42
Figura 47 Batería lipo 22000 mAh	43
Figura 48 Emisora de vuelo TX16S.....	44
Figura 49 Controlador de vuelo.....	45
Figura 50 Dimensionamiento del drone.....	46
Figura 51 Diseño para la selección del material	47
Figura 52 Diagrama de cuerpo libre de la estructura.....	50
Figura 53 Fuerza en FY5	Error! Bookmark not defined.
Figura 54 Fuerza en FY6	51
Figura 55 Fuerza en FY7	52
Figura 56 Fuerzas en FY1, FY2, FY3 y FY4	52
Figura 57 Resultado aplicado las cargas correspondientes.....	53
Figura 58 Resultados a Estrés Von Mises.....	54
Figura 59 Fuerzas en FY1, FY2, FY3 y FY4 para generar sustentación.....	55
Figura 60 Resultado aplicado las cargas correspondientes.....	56
Figura 61 Resultados a Estrés Von Mises.....	56

Figura 62 Factor de seguridad..... 57
Figura 63 Drone con todos los componentes..... 58

Resumen

En este documento se desarrolla el diseño de un vehículo aéreo tripulado considerando tecnología de punta y materiales existentes a nivel local, integrándolos en sistemas mecatrónicos que garanticen un correcto funcionamiento para de esa manera poder cubrir diferentes actividades que requieran de este tipo de tecnología. Se va a tomar en consideración diferentes modelos de drones tripulados cuyas investigaciones y construcciones se han llevado a cabo a lo largo del mundo para de esa manera poder bases para nuestra investigación, razón por la cual se revisaran algunos modelos de drones tripulados y sus respectivas explicaciones y diseños de los mismos, se ha llevado a cabo una comparativa entre modelos y diseños tanto estructural como de sustentación para de esa manera tener un diseño óptimo, confiable y eficiente. Se presenta el desarrollo a detalle de la investigación, modelado, y sus respectivas simulaciones.

Uno de los aspectos fundamentales es identificar cuáles son los componentes más indicados para satisfacer las necesidades de los requerimientos y si cada uno de ellos son aptos para realizar la sustentación del drone tripulado, todo esto se conseguirá gracias a la simulaciones realizadas, en donde se analizará el comportamientos tanto estático como dinámico del drone tripulado, para de esa manera garantizar elementos, materiales, diseños, estructuras fiables para que se pueda dar un correcto desempeño del mismo.

Abstract

This document develops the design of a manned aerial vehicle considering state-of-the-art technology and existing materials at the local level, integrating them into mechatronic systems that guarantee correct operation in order to cover different activities that require this type of technology. Different models of manned drones whose investigations and constructions have been carried out throughout the world will be taken into consideration in order to be able to base our research, which is why some models of manned drones and their respective explanations will be reviewed. and their designs, a comparison has been carried out between both structural and support models and designs in order to have an optimal, reliable and efficient design. The detailed development of the research, modeling, and their respective simulations are presented.

One of the fundamental aspects is to identify which are the most suitable components to satisfy the needs of the requirements and if each one of them is apt to carry out the support of the manned drone, all this will be achieved thanks to the simulations carried out, where it will be analyzed both static and dynamic behavior of the manned drone, in order to guarantee reliable elements, materials, designs, structures so that it can perform correctly.

1. Introducción

Actualmente, la tecnología avanza a pasos agigantados, más aún si hablamos de robótica ya que es el campo en donde se encuentra la tecnología de los drones, ya que probablemente es la tecnología más avanzada en el campo de la robótica, aeronáutica y electrónica. El uso de los drones puede ser tanto de uso comercial, civil, así como militar, el campo en el que se puede desenvolver es muy extensos debido a sus materiales que son de fácil reemplazo ya que son materiales comerciales y de mecanizado conocido. Este dron tripulado estará siendo sometido a diversos parámetros tanto en simulación como en su funcionamiento, bien sabemos que se debe simular bajo ciertos parámetros tanto estáticos, dinámicos, ambientales, para poder garantizar el uso preciso y correcto de todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que estén contemplados en el para así poder prevenir futuros fallos y mal funcionamiento del mismo. En la actualidad se está investigando el uso de esta tecnología para diversos usos, pero eso nos muestra que esta tecnología tiene un amplio terreno por recorrer y su uso ya sea tanto comercial, civil como militar en diferentes áreas tales como en la agricultura, ganadería, geología, construcción, inspecciones, exploración en lugares de difícil acceso. Aquí contemplaremos una lista de selección de materiales, donde veremos la mejor opción según las características físicas y mecánicas de cada uno de los materiales, así como rigidez, resistencia a la deformación, resistencia al calor, fácil mecanizado, entre otras.

2. Problema

2.1. Antecedentes

En la ciudad de Cuenca no se han registrado estudios, tesis o investigaciones sobre el diseño e implementación de vehículos aéreos tripulados, lo que lo convierte en un nicho prometedor para la investigación ya que es un campo no explorado, lo que permite ser pioneros en el diseño de un vehículo aéreo tripulado lo cual significara un avance tecnológico, investigativo y de manufactura. En la actualidad no existe ninguna entidad pública o privada que se dedique a la investigación, diseño y desarrollo de vehículo aéreos tripulado a pequeña escala.

2.2. Descripción del problema

Uno de los inconvenientes que presenta al diseñar el vehículo aéreo es la cantidad de energía que consumen los motores, debido a esto se debe diseñar un espacio donde quepan varias baterías de lipo ya que se debe conectar en serie varias de ellas, se deben colocar estratégicamente para poder establecer un punto de inercia.

2.3. Importancia y alcances

Actualmente en el país no existe ningún tipo de proyecto que se enfoque en el diseño o construcción de un dron tripulado. Por lo que este proyecto es pionero en el país y abre nuevas oportunidades para que se investigue nuevos diseños de prototipos y se proponga la construcción del mismo. Este proyecto empieza con el diseño y posteriormente se pretende llegar a construir el mismo con materiales y manufactura nacional.

2.4. Delimitación

2.4.1. Espacial o geográfica

El presente proyecto se llevó a cabo en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, ubicada en la calle Vieja 12-30, en la provincia del Azuay.

2.4.2. Temporal

El trabajo de titulación se realizó en el periodo de septiembre – febrero del 2022 – 2023, con la finalidad de presentar un diseño de un vehículo aéreo tripulado.

2.4.3. Sectorial o institucional

El presente proyecto se desarrolló en los laboratorios de mecánica en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

2.5. Problema General

¿Es posible diseñar un vehículo aéreo tripulado considerando tecnología de punta y materiales existentes a nivel nacional e internacional integrándolos en sistemas mecatrónicos que garanticen su funcionamiento para cubrir diferentes actividades que requieran de este tipo de tecnología?

2.6. Problemas Específicos

- a) ¿Se podrá identificar las variables cuantitativas y cualitativas requeridas para el diseño de un vehículo aéreo tripulado fundamentado en Drones, mediante un análisis del contexto actual y una revisión bibliográfica?
- b) ¿Es posible diseñar un vehículo aéreo tripulado fundamentando en tecnología actual de drones, desarrollando la integración mecatrónica de sus componentes y garantizando su funcionamiento a través de la simulación en software de ingeniería?
- c) ¿Es factible realizar un análisis de costos de fabricación de un vehículo aéreo tripulado considerando la metodología de costos unitarios?

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Diseñar un vehículo aéreo tripulado considerando tecnología de punta y materiales existentes a nivel nacional e internacional, integrándolos en sistemas mecatrónicos que garanticen

su funcionamiento para cubrir diferentes actividades que requieran de este tipo de tecnología.

3.2. Objetivos Específicos

- a) Identificar las variables cuantitativas y cualitativas requeridas para el diseño de un vehículo aéreo tripulado fundamentado en Drones, mediante un análisis del contexto actual y una revisión Bibliográfica.
- b) Diseñar un vehículo aéreo tripulado fundamentando en tecnología actual de drones, desarrollando la integración mecatrónica de sus componentes y garantizando su funcionamiento a través de la simulación en software de ingeniería.
- c) Realizar un análisis de costo del vehículo aéreo tripulado utilizando la metodología de costos unitarios.

4. Marco Teórico

En este punto en primer lugar se realizará una introducción a los drones posteriormente se hablará sobre los diferentes tipos que existen y a su vez se expondrá las partes de los mismos; de igual manera se revisarán los materiales utilizados comúnmente en la fabricación, finalmente se analizará diferentes prototipos de vehículos aéreos tripulados de los que se tiene información disponible

4.1. Introducción a los drones

En el mundo, mercados como Amazon están efectuado este tipo de tecnología para adaptarla a sus necesidades, por ejemplo, para automatizar el envío de paquetes utilizando drones. Si bien hay varias cuestiones que hacen a la regulación del espacio aéreo, es importante hacer notar, cómo este tipo de tecnologías está impactando en forma directa en la vida los individuos y de las organizaciones, convirtiendo incluso la forma en la que una empresa puede brindar servicios y resolver problemas del tipo logístico. Este es un ejemplo de uso de un dron en el ámbito civil, y lo que pretende desarrollar este trabajo, es cómo funciona esta nueva tecnología, como se clasifica y de qué manera puede utilizarse, para mejorar u optimizar problemas de negocio o específicos de una ciudad. En el ámbito civil los drones son utilizados para tomas

cinematográficas, esto reduce en gran cantidad el presupuesto de una escena de alguna película, ya que hace algunos años se utilizaba helicópteros para hacer este tipo de tomas lo cual era mucho más costoso y más peligroso (Addati, 2014).

4.1.1. ¿Qué es un drone?

Los drones son “aeronaves pilotadas a distancia” (UAV, vehículo aéreo no tripulado), es decir, dispositivos voladores que no llevan piloto a bordo, sino que son pilotados por una computadora a bordo o por un piloto que los guía a distancia mediante un radio mando utilizando radio frecuencia. Podríamos decir, a grandes rasgos, que son la evolución tecnológica de los aviones teledirigidos, aunque en realidad son algo mucho más sofisticado y mucho más pequeños, son dispositivos tecnológicamente muy avanzados que pueden ser utilizados en contextos profesionales y a largas distancias, características que ya los distinguen de los “antiguos” aviones de radiocontrol. En principio, son “dispositivos voladores” que, mediante un pequeño motor, tienen la capacidad de volar en espacios abiertos y permiten realizar diversos tipos de operaciones, como tomar fotografías o transportar pequeños pesos. Sin embargo, el hecho de que se identifiquen como aeronaves (aunque sean pilotadas a distancia) deja claro inmediatamente que, independientemente de la posición del piloto o de la tripulación de vuelo, las operaciones deben cumplir las mismas normas y procedimientos dependiendo de cada país que las aeronaves con piloto (Torchiani, 2022).

4.1.2. ¿Cómo funciona un drone?

Los drones funcionan de manera muy similar a otros medios de transporte aéreo como un helicóptero o un avión: se enciende los motores, se ajustan varios sensores, se pone en marcha y las hélices giran para posibilitar el vuelo. Luego, con los mandos del control remoto, el piloto va dirigiendo el vuelo desde la tierra. Muchos drones tienen la opción de fijar, de manera automática, un rumbo. Esto es posible gracias a la incorporación de un GPS que se ajusta para llegar al destino indicado. El trayecto es registrado por una cámara cuya imagen el piloto puede ver desde su mando. La mayoría de los modelos de drones suelen tener cuatro hélices o motores, aunque hay modelos de tres, seis y hasta ocho. Las hélices suelen ser a dos palas y, para que el drone se mantenga estable en el aire, dos hélices rotan en un sentido y las otras en sentido contrario. Todo drone cuenta

con un “controlador central de vuelo” o cerebro, que tiene como objetivo mantener la estabilidad. Además, este aparato mide la fuerza y dirección del campo magnético y funciona como una brújula. El controlador recibe la información de la ubicación del dron e a través del GPS y, a su vez, transmite información al controlador de velocidad, que permite que el motor use las revoluciones necesarias para hacer el vuelo lo más seguro y estable posible (Ferrovial, 2022).

4.2. Tipos de drones

En la actualidad los drones existen diversos tipos de drones dependiendo para el uso que se desea emplear, estos se dividen tanto para uso civil o para uso militar. Estos también se clasifican por sus diseños, usos, número de hélices, etc. A continuación, vamos a mencionar los tipos de drones según definición, por su sustentación, tipología de número de brazos.

4.2.1. Por definición

Considerando a Iberfdrone, 2023, un dron e es una aeronave no tripulada que se maneja a través de un control remoto por radio frecuencia. Aunque esta es la definición general, existen diferentes conceptos para referirnos a este tipo de aeronaves:

- a. RPA o RPAS, son las siglas en inglés de Remotely Piloted Aircraft y Remotely Piloted Aircraft System. Este concepto hace referencia al control remoto de la aeronave.
- b. Drone, el nombre más popularizado para referirnos a las aeronaves no tripuladas. Su origen viene de la palabra inglesa drone que significa zángano.
- c. UAV o UAS, las siglas en inglés de Unmanned Aerial Vehicle y Unmanned Aerial System. Este concepto hace referencia a la falta de un piloto físico a bordo de la aeronave.

4.2.2. Tipos de drones según la sustentación.

Existen varios tipos de drones y esto depende de su manera y características de sustentarse en el aire, la principal clasificación entre los tipos de drones está en función de la forma de sustentarse en el aire. De esta característica también variará el tipo de habilitación práctica que el piloto tendrá que hacer para habilitarse. Existen dos tipos en la actualidad: Drones de ala fija y drones multirrotores. (Insights, 2018)

- A. Drones de ala fija:** Los drones de ala fija son aeronaves que poseen un perfil alar que permite que la aeronave pueda moverse a través del aire y sea capaz de generar fuerzas sustentadoras para mantenerse en el aire (Figura 1). Este tipo de drones tienen una estética muy similar a los aeromodelos de radiocontrol de radio frecuencia. La principal característica de este tipo de drones es la gran autonomía que nos ofrecen ya que pueden estar volando varios minutos gracias a su eficiencia aerodinámica. Los drones de ala fija son ideales para mapear grandes superficies de terreno ya que con una única batería se cubren grandes extensiones de terreno y se recopila gran cantidad de datos. Por este motivo son drones muy utilizados en trabajos de agricultura de precisión y de fotogrametría. Insights, 2018

Figura 1

Drone de ala fija



Nota: Tomado de AT Drone, 2020

- C. Drone de ala rotatoria:** Los drones de ala rotatoria, o más conocidos como multirrotores (Figura 2), son los tipos de drone más extendidos y más utilizados por los profesionales del sector. Si bien es cierto que existen otros tipos de drones de

ala rotatoria, solamente se van a analizar los multirroto por ser los drones más comunes del mercado. La principal diferencia de los multirroto con respecto a los drones de ala fija radica en la forma en la que consiguen mantenerse en el aire. Mientras que los drones de ala fija consiguen la sustentación a través de su perfil alar, los multirroto generan la sustentación a través de las fuerzas que generan las hélices de sus motores. Según el número de motores que monte el drone existen: tricóptero (3 motores), cuadricópteros (4 motores), hexacóptero (6 motores) y octacópteros (8 motores). (Insights, 2018)

Figura 2
Drone multirroto



Nota: Tomado de Carreras, 2020

4.2.3. Tipología por número de brazos.

Otra forma de clasificación de drones es por el número de brazos o número de motores que presenta la aeronave. Cada uno de estos brazos llevará su propio motor, y si es *brushless*, también su correspondiente variador (ESC). (Novodrone, 2021)

A. Tricóptero o drone de tres hélices: Como su propio nombre indica, tiene 3 brazos como se observa en la (Figura 3). No obstante, este tipo de drones no presenta un motor por cada uno de sus brazos. La composición de un tricóptero suele ser 3 motores, 3 variadores, 1 servomotor y 4 hélices. Suelen tener forma de T, el brazo trasero presenta 2 hélices, 1 motor y el servomotor, para de esta manera conseguir una estabilidad. Novodrone, 2021

Figura 3
Drone tricóptero



Nota: Tomado de Xataka, 2016

B. Cuadricóptero o dron de cuatro hélices: Estos drones tienen 4 brazos y son sin duda el tipo de dron más extendido, lo cual está completamente justificado dado sus características. Si queremos empezar en el mundo de los drones, te recomiendo un dron de este tipo como se observa en la (Figura 4), al ser el más extendido, también es el más económico. Estos drones presentan 4 motores y 4 hélices iguales dos a dos en cruz, para de esta manera estabilizar el dron por completo. (Novodrone, 2021)

Figura 4
Cuadricóptero



Nota: Tomado de Lomasfull, 2022

C. Hexacóptero o dron de seis hélices: Estos tipos de dron podemos encontrarlos tanto con motores brush/ed (en mini drones o drones de juguete), como con motores brushless (destinados en su mayoría para uso profesional). Este tipo de drones,

suelen ser utilizados para llevar una cámara grande con su gimbal (estabilizador de cámara) para realizar tomas aéreas. Además, una característica importante de los hexacóptero es su estabilidad ya que, si perdemos uno de los motores durante el vuelo, podremos hacerlo aterrizar sin problemas ya que se estabilizará con los otros 5 como se observa en la (Figura 5)(Novodrone, 2021)

Figura 5
Hexacóptero



Nota: Tomado de Gonzáles, 2022

D. Octocóptero o dron de ocho hélices: Si en las tipologías anteriores podíamos encontrarnos con dos variantes de cada dron (motores brush/ed o brushless), en estos, por norma general, no vamos a encontrar una versión más barata que presente motores *brush/ed*. Además, esta tipología de dron, en su gran mayoría, no vienen montados, sino que serás tú quien tenga que montar, soldar y configurar en su totalidad tanto el dron y la emisora/mando, como el gimbal si lo llevase, en algunos casos tú mismo tienes la opción de seleccionar los materiales que desees utilizar para armar tu dron, se observa en la (Figura 6) (Novodrone, 2021).

Figura 6
Octocóptero



Nota: Tomado de Puentesdigital, 2017

E. Drones coaxiales: Este tipo de drones presentan el doble de motores que, de brazos y suele parecer algo extraño. El término coaxial, hace referencia a que cada uno de sus brazos presenta dos motores (Figura 7), con sus correspondientes variadores y hélices. La mayoría de estos drones suelen ser tricóptero o cuadricópteros, aunque también existen de seis brazos o más. El porqué de estos drones es simple, a más motores más potencia y, por lo tanto, más peso pueden levantar. Suelen utilizarse para levantar grandes cámaras profesionales, paquetes para transporte o cualquier otro tipo de trabajos con drones que requiera levantar cierto peso. En este tipo de drones se han hecho prototipos para drones tripulados para que una persona pueda manejar desde su interior. (Novodrone, 2021)

Figura 7
Drones Coaxiales



Nota: Tomado de Madeinchina, 2019

4.3. Partes del Drone

Conocer los principales componentes, partes y sensores de un dron es de gran importancia para poder realizar vuelos de manera segura, pues es el primer paso que nos permite llevar a cabo las comprobaciones oportunas que eviten problemas durante el vuelo. Por otro lado, si durante el vuelo el dron se comporta de manera errática, saber lo que hace cada componente de la aeronave será de gran ayuda para poder llegar a la raíz del problema detectado. Además, saber cuáles son las partes de un dron le da a cualquier piloto un plus de confianza en el momento de manejar la aeronave. (HispaDrones, 2019)

4.3.1. Chasis

El chasis es la estructura principal o armazón (Figura 8), en la que se ensamblan todos los demás componentes del conjunto, que serán comentados posteriormente. El chasis de un dron puede estar conformado de distintos tipos de materiales, y deben de tener el diseño y el material adecuado para soportar las condiciones físicas que requerirán para su aplicación. Hay chasis hechos de materiales compuestos como chasis de aleaciones de aluminio u otros metales. En el caso de los drones pequeños son hechos de fibra de carbono ya que es un material muy liviano y resistente. (Costa, 2019)

Figura 8
Chasis de fibra de carbono



Nota: Tomado de Talos Electronics, 2018

4.3.2. Motores

La actualidad casi todas las empresas manufactureras de drones han implementado en sus líneas de producción la utilización de solo motores sin escobillas o también llamados motores busheles. En comparación con los motores de escobillas, los motores busheles (Figura 9) son más eficientes, más silenciosos y más fiables. Elegir el tipo de motor que tendrá tu dron es clave, pues de ello dependerá en gran medida el tiempo de vuelo, la fiabilidad de éste y su vida útil. Es recomendable que te familiarices con el sonido de los motores de tu dron. De esta manera, al inicio de cada vuelo, con solamente elevar al dron un par de metros ya sabrás si los motores están listos para el vuelo o si requieren de algún tipo de mantenimiento (generalmente limpieza de polvo) o si directamente deben ser sustituidos. Por este motivo, igual que con las hélices, es recomendable tener siempre un par de motores de repuesto. (Guiadrones, 2018)

Figura 9
Motor brushless y motor brushed



Nota: Tomado de (Radiocontrolers., 2019)

4.3.3. Hélices

Una hélice es un perfil aerodinámico giratorio, es decir, un objeto plano colocado con algo de inclinación (Figura 10), de forma que en una corriente de aire sea capaz de aprovechar las fuerzas originadas por el cambio de velocidad o presión. Las hélices son el elemento que va a permitir volar a nuestro dron. A través de la fuerza que les transmiten los motores, generan una fuerza opuesta a la gravedad y superior a la que ésta ejerce sobre nuestro dron. Esta fuerza opuesta al peso es conocida como fuerza de sustentación. Son las variaciones de energía de los distintos motores a las distintas hélices las que además de elevarse permiten al dron realizar los movimientos con los que lo podremos controlar. De esta forma, por ejemplo, si queremos realizar un desplazamiento hacia adelante con nuestro dron las hélices traseras rotarán a mayor velocidad que las delanteras inclinando el dron y desplazándose hacia la dirección que le hemos indicado. (Drones, 2018)

Figura 10
Hélices de Drone



Nota: Tomado de radiocontrolmx, 2018

4.3.4. Variadores de velocidad (ESC)

El variador o controlador de velocidad es el que controla las revoluciones del motor del drone (Figura 11). Cuando el piloto manda una orden con el stick de gas, el ESC Drone es quien lo transforma en una combinación de pulsos que son transmitidas al motor para que ejecute las revoluciones correctas. Dependiendo de la posición del stick la combinación de pulsos ordenada a los variadores de velocidades cambiará y las revoluciones que ejecutará el motor del drone también. De esta manera es como se controla la aceleración de los motores. (Uavdrone, 2019)

Figura 11
Controlador de velocidad



Nota: Tomado de Dronefromchina, 2017

4.3.5. Controlador de vuelo

El controlador de vuelo (FC) es el cerebro del aparato. Básicamente es una placa de circuitos integrados que incluye sensores que detectan cambios de orientación (Figura 12). También recibe comandos de usuario y controla los motores para mantener el cuadricóptero en el aire. Casi todos los FC incluyen los sensores básicos de giroscopios y acelerómetros (Gyro y Acc). Algunos FC pueden incluir sensores más avanzados como barómetro, y magnetómetro (compás o brújula). Los FC también son el núcleo al que se conectan diferentes periféricos como el GPS, LEDs, sensor ultrasónico, etc. Los FC para cuadricópteros están evolucionando rápidamente: cada vez son más pequeños, usan mejores procesadores y hardware y tienen más y más funciones integradas (Prometec, 2019)

Figura 12
Controlador de vuelo



Nota: Tomado de Gidahatari, 2018

4.3.6. Modulo GPS

Hay muchos modelos de drones que vienen equipados con un sistema GPS para control del vuelo, vuelo estacionario y vuelos automáticos. El control de vuelo de vehículos aéreos no tripulados está basado en la combinación del sistema de navegación por satélite y el sistema de navegación inercial (Figura 13). Gracias a este sistema de posicionamiento global y navegación inercial el drone puede despegar, volar en una ruta programa tomar fotos o grabar video u otras acciones y volver y aterrizar en el mismo lugar de donde despego. Todo ello con un mínimo de error. Para poder hacer todo esto automáticamente el dron necesita tener incorporado un módulo GPS Dron junto con un acelerómetro, giroscopio, magnetómetro, brújula electrónica, y otros elementos de detección. (Uavdrone, 2019)

Figura 13
Modulo GPS



Nota: Tomado de Espaciodrone, 2016

4.3.7. Receptor

El receptor de radio (RX) es un componente de nuestro dron encargado de recibir la señal que transmite nuestra emisora para que la controladora pueda mandar a los motores, variadores, etc. las órdenes necesarias para que responda tal y como se lo hemos indicado desde la emisora (Figura 14). Hay receptores variados en función de las necesidades que se quieran cubrir: los hay para vuelo aficionado, long range, para carreras, etc. y en función de lo que vayas a necesitar en alguno de ellos pueden llevar a cabo telemetría incorporada con información muy importante como puede ser la calidad de la señal, tensión de batería, RPM, cronómetro, GPS, acelerómetros, etc. (Accesoriosdrone, 2018)

Figura 14
Receptor de dron



Nota: Tomado de Dronemania, 2019

4.3.8. Batería

Las baterías LiPo son un tipo de batería recargable, caracterizadas por tener una muy buena densidad energética. Suelen estar formadas por varias celdas las cuales tienen un voltaje nominal de 3,7V hasta un máximo de 4,2V (Figura 15). Estas celdas ya son baterías como tal, pero para conseguir mayores voltajes o capacidades se suelen conectar entre sí para conseguir baterías de prestaciones superiores y que cumplan con los requisitos del circuito al que van a alimentar. Se denomina baterías inteligentes a aquellas que disponen de un circuito integrado unido a las celdas que forman la batería. Este circuito es el encargado de monitorizar el estado de carga de la batería, así como de equilibrar las celdas entre sí. También incorporan sistemas de protección frente a posibles cortocircuitos, sobrecargas o sobre descargas. En general, hacen de la batería un elemento mucho más seguro y son las empleadas normalmente por los fabricantes de drones listos para volar como Dji, Parrot, Fimi, etc. (Elvuelodeldrone, 2020)

Figura 15
Batería LiPo



Nota: Tomado de Gruposelctrostore, 2018

4.4. Materiales utilizados en drones

Citando a Luévano, 2016 los drones pueden fabricarse con una amplia variedad de materiales, incluyendo:

- A. Polímeros o plásticos: es un material ligero y resistente, que se utiliza en la fabricación de drones de bajo costo.
- B. Aluminio: es un material resistente y ligero que se utiliza en la fabricación de drones profesionales y de alta calidad.
- C. Carbono: es un material muy resistente y ligero, por lo que se utiliza en la fabricación de drones de competición y de alto rendimiento.
- D. Fibra de vidrio: es un material resistente y ligero que se utiliza en la fabricación de drones que requieren una mayor rigidez.
- E. Policarbonato: es un material resistente y flexible que se utiliza en la fabricación de drones que requieren mayor resistencia a los impactos.

4.4.1. Polímeros

El polímero o comúnmente conocido como plástico también es un material muy utilizado en la fabricación de drones. Al igual que el aluminio, el plástico es ligero y resistente a los elementos, lo que lo hace ideal para su uso en la construcción de drones. Además, el plástico es económico y fácil de moldear en diferentes formas, lo que lo hace adecuado para la fabricación de piezas y componentes de drones. Sin embargo, el plástico puede ser menos resistente que el aluminio y no es tan duradero, por lo que es importante considerar las necesidades y exigencias del drone antes de elegir el material adecuado para su construcción. (Infochanel, 2021)

4.4.2. Aluminio

El aluminio es un material comúnmente utilizado en la fabricación de drones debido a sus propiedades útiles como la ligereza, la resistencia a la corrosión y la rigidez. Esto permite a los drones ser ligeros y resistentes a los elementos, mientras que también brindan la estabilidad necesaria para volar de manera efectiva. Además, el aluminio es fácil de trabajar y formar, lo que lo hace ideal para su uso en la fabricación de drones. (AT, 2020)

4.4.3. Fibra Carbono

La fibra de carbono es un material compuesto utilizado en la fabricación de drones debido a su alta resistencia y rigidez. Estas propiedades permiten que los drones construidos con fibra de carbono sean ligeros y estables durante el vuelo, lo que es esencial para un rendimiento óptimo. Además, la fibra de carbono es resistente a la deformación y a la fatiga, lo que lo hace ideal para su uso en drones que requieren una estructura fuerte y durable. Sin embargo, la fibra de carbono es más costosa y difícil de trabajar que otros materiales como el aluminio o el plástico, por lo que su uso puede ser limitado en algunos casos. (Pedro, 2018)

4.4.4. Fibra de vidrio

La fibra de vidrio es un material compuesto utilizado en la fabricación de drones debido a su alta resistencia y rigidez. La fibra de vidrio es un material económico y fácil de trabajar en comparación con la fibra de carbono, lo que lo hace adecuado para la fabricación de piezas y componentes de drones. Sin embargo, aunque la fibra de vidrio es resistente a la deformación y la fatiga, no es tan resistente como la fibra de carbono y puede ser más pesada. Además, la fibra de vidrio es más susceptible a la corrosión que otros materiales, por lo que es importante considerar las condiciones en las que el dron será utilizado antes de elegir el material adecuado para su construcción. (Vistronica, 2019)

4.4.5. Policarbonato

El policarbonato es un material termoplástico utilizado en la fabricación de drones. Es conocido por su alta resistencia a los impactos y su transparencia, lo que lo hace adecuado para su

uso en la fabricación de piezas y componentes de drones. Además, el policarbonato es ligero y resistente a los elementos, lo que lo hace ideal para su uso en la construcción de drones. Sin embargo, aunque el policarbonato es resistente a los impactos, puede ser menos resistente que otros materiales como la fibra de carbono o el aluminio en términos de resistencia y rigidez, por lo que es importante considerar las necesidades y exigencias del drone antes de elegir el material adecuado para su construcción. (hongfeidrone, 2018)

4.4.6. Materiales utilizados en vehículos aéreos tripulados

Para la construcción de vehículos aéreos tripulados los materiales difieren en su resistencia ya que deben garantizar la integridad del piloto especialmente en la estructura del mismo. A continuación, se describen los materiales que se han utilizado en vehículos aéreos tripulados

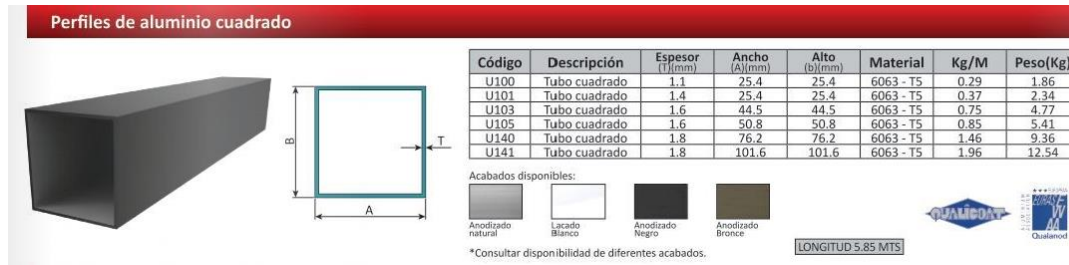
- **Aluminio normalizado 6065-6063**

Citando a Anema.es, 2019 el aluminio 6063 y el aluminio 6065 (Figura 16) son aleaciones de aluminio utilizadas comúnmente en diversas aplicaciones. A continuación, se presenta una breve introducción a cada uno de ellos:

- Aluminio 6063: es una aleación de aluminio que se utiliza principalmente para extrusión. Tiene una buena resistencia a la corrosión y se utiliza comúnmente en aplicaciones arquitectónicas, como ventanas, puertas, marcos de cuadros y estructuras de edificios. También se utiliza en la fabricación de perfiles de aluminio, piezas de automóviles y componentes electrónicos.
- Aluminio 6065: es una aleación de aluminio que se utiliza principalmente en aplicaciones estructurales. Tiene una resistencia mecánica superior a la del aluminio 6063 y, por lo tanto, es adecuado para aplicaciones que requieren alta resistencia, como la fabricación de piezas de maquinaria, rieles de ferrocarril, tubos y otros componentes estructurales.

Ambas aleaciones son conocidas por ser livianas, resistentes y duraderas, lo que las hace ideales para una amplia gama de aplicaciones. Es importante tener en cuenta que estas aleaciones se diferencian principalmente en su resistencia mecánica y aplicaciones preferidas, y los detalles específicos de su uso dependerán de la aplicación en cuestión.

Figura 16
Aluminio normalizado



Nota: Tomado de AluStock, 2017

4.4.7. Proceso de manufactura utilizados en la construcción de drones tripulados

Para la fabricación en Drones tripulados las técnicas de manufactura a utilizar deben garantizar que la resistencia especialmente de la estructura cumpla con los requerimientos en función de las cargas y el factor de seguridad que debe ser superior a 5. A continuación se detalla específicamente el proceso de soldadura que se utilizará en la estructura

- **Soldadura TIG**

Citando a (Fronius, 2018) el proceso de soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) es uno de los métodos más utilizados para soldar aluminio. El proceso utiliza un electrodo de tungsteno para crear un arco eléctrico con el metal base, y se utiliza gas inerte para proteger el material de la oxidación y otros contaminantes. Al soldar aluminio con TIG, es importante tener en cuenta algunos factores clave para obtener una soldadura de alta calidad. Uno de los principales desafíos es la alta conductividad térmica del aluminio, que puede hacer que sea difícil controlar la zona afectada por el calor y prevenir la deformación y la distorsión.

Para abordar estos desafíos, aquí hay algunos consejos para soldar aluminio con TIG:

- Limpiar y preparar adecuadamente la superficie de la pieza de trabajo para eliminar la oxidación, la grasa y la suciedad.
- Utilizar una corriente de soldadura constante y un gas inerte adecuado (como argón) para proteger la zona de soldadura de la oxidación y otros contaminantes.
- Utilizar una pistola de soldadura TIG con una boquilla de gas adecuada para una protección completa de la soldadura.

- Mantener un arco estable y reducir la longitud del arco tanto como sea posible para reducir la cantidad de calor aplicada al material.
- Utilizar una técnica de soldadura adecuada para el espesor y la forma de la pieza de trabajo, como el método de avance-retroceso.

Siguiendo estos consejos y practicando la técnica adecuada, se puede lograr una soldadura fuerte y de alta calidad en aluminio con el proceso de soldadura TIG.

4.5. Análisis de prototipos de vehículos aéreos tripulados

En la actualidad en diversos países del mundo se han diseñado prototipos de vehículos aéreos tripulados con diferentes características y para diferentes propósitos, de estos prototipos ya diseñados se tomara en cuenta diversas características que nos ayuden en el diseño de nuestro dron tripulado, vamos a tomar en cuenta los mejores 4 diseños para poder elaborar posteriormente una tabla discriminativa y poder seleccionar un diseño adecuado que se adapte a nuestras necesidades tanto en manufactura como en tecnología. A continuación, vamos a mencionar los 4 prototipos

A. Jetson Aero Speeder

Jetson fue fundada por Peter Ternström y Tomasz Patan en octubre de 2017 originalmente como Jetson Aero con sede en Polonia y luego se mudó a Suecia. El nombre original del Jetson Prototype era Jetson Aero Speeder, pero este nombre se eliminó. El objetivo de la compañía es hacer que cualquier persona pueda comprar aeronaves eléctricas personales seguras de despegue y aterrizaje vertical. El prototipo Jetson, su prueba de concepto, se desarrolló durante el otoño de 2017 y se terminó en la primavera de 2018 (Figura 17). El nombre original del prototipo era Speeder. El primer vuelo exitoso fue en enero de 2018. El primer vuelo con tripulación fue el 28 de febrero de 2018 en Toscana, Italia y con más vuelos tripulados en Poznan, Polonia. Ahora que el prototipo se ha fabricado y probado, la empresa está avanzando para crear un modelo eVTOL fácil de usar para el consumidor. El fuselaje tiene una configuración en H con las hélices y los motores eléctricos en cada esquina de la aeronave. Aproximadamente el valor del prototipo tuvo una inversión de \$19000. Sus

componentes se describen en las (Figuras 18, 19, 20, 21) (Evtol, 2020).

Figura 17

Prototipo Jetson Aero



Nota: Tomado de Evtol, 2020

- **Especificaciones técnicas**

- Motores brushless 100kv

Figura 18

Motor brushless 100kv Freerchbby



Nota: Tomado de Alienpowersystem, 2018

- Hélices madera 32"

Figura 19

Hélice de madera 32*10



Nota: Tomado de Sensenich, 2017

- ESC 200 A

Figura 20

ESC 200 A FLIER



Nota: Tomado de Alibaba, 2017

- Batería 20000 mAh lipo

Figura 21

Batería lipo turnigy



Nota: Tomado de Turnigy, 2017

El material utilizado en este prototipo es el aluminio. (Alacermas, 2018)

B. The human Drone Project

El dron (Figura 22) se realizó por partes. En primer lugar, se asume que el hardware y el software de control de vuelo en el dron humano no serían muy diferentes de los que se

utilizan en los drones pequeños, para los cuales se comparte gran parte de la información técnica a través de foros y documentación de código abierto en la web. Entonces, el trabajo fue comprender qué había disponible en el mercado para motores, baterías y hélices, de modo que pudiéramos determinar todos los elementos básicos de diseño, como el peso, la geometría y el rendimiento. Una vez que se definieron los requisitos, nuestro desafío fue diseñar un marco liviano, resistente, rígido y de precio razonable. Después de un mes de y más de 10 modelos de simulación, se nos ocurrió un diseño que cumplía con los elementos y elementos esenciales del diseño. Posteriormente, se compraron por Internet motores, ESC, controlador de vuelo, baterías, sensores y hélices, así como aluminio, que se cortará en varillas y se enviará a un taller de soldadura. Antes del ensamblaje final, ajustaremos el software a través del modelo a escala, ya que nuestro objetivo es construirlo para que sea lo más seguro posible. Aproximadamente el valor del prototipo tuvo una inversión de \$17000. Sus componentes se describen en la (Figura 23, 24, 25, 26) (Thehumandroneproject, 2019).

Figura 22

The human drone prototipo



Nota: Tomado de Thehumandroneproject, 2019

- **Especificaciones técnicas:**
 - o Motores

Figura 23

Motor 80kv



Nota: Tomado de Tmotor, 2018

- Hélices

Figura 24

Hélice de madera 32*10



Nota: Tomado de Sensenich, 2017

- ESC

Figura 25

ESC 250A



Nota: Tomado de Tmotor, 2018

- Batería

Figura 26

Batería lipo 25000mAh



Nota: Tomado de Dongyingyoujia, 2022

El material utilizado también en este prototipo es el aluminio 6063. (Ferrovia, 2022)

C. Cambodian Drone

El vehículo aéreo tripulado fue construido en 2021 (Figura 27). El prototipo puede llevar un piloto que pese hasta 60 kg (132 libras) y volar durante unos 10 minutos en una distancia de 1 km (0,6 millas). Tomó tres años de investigación y desarrollo y su construcción costó alrededor de \$ 20,000. Si bien el equipo espera que eventualmente vuele mucho más alto, cuando está tripulado, el dron actualmente solo se eleva hasta 4 metros (13,1 pies). Aproximadamente el valor del prototipo tuvo una inversión de \$22000. Sus componentes se describen en la (Figura 28, 29, 30, 31) (Reuters, 2021)

Figura 27

Drone tripulado de Cambodian prototipo



Nota: Tomado de Reuters, 2021

- Especificaciones técnicas

- Motor

Figura 28

Motor 70kv



Nota: Tomado de Tmotor, 2018

- Hélice

Figura 29

Hélice 35*13.6



Nota: Tomado de Tmotor, 2018

- ESC

Figura 30

ESC 300A



Nota: Tomado de Tmotor, 2018

- Batería

Figura 31

Batería lipo 22000mAh



Nota: Tomado de Dongyingyoujia, 2022

Para este prototipo el material utilizado es el aluminio 6061 T4-T6 combinación de ambos. (Gabrian, 2017)

D. The Flying man

Acercas de este prototipo no existe mucha información más de la que se puede observar en el video subido en la plataforma de YouTube en la fecha de 10 de noviembre de 2018, pero se puede observar que el prototipo lleva solo 4 motores (Figura 32) y cada uno de ellos es alimentado con una batería independiente para cada uno de ellos, se puede observar que

está totalmente elaborado de aluminio. Aproximadamente el valor del prototipo tuvo una inversión de \$25000. Sus componentes se describen en la (Figura 33, 34, 35, 36)

Figura 32
Prototipo Flying man



Nota: Tomado de Janssen, 2018

- **Especificaciones técnicas**

- Motor

Figura 33
Motor 60kv



Nota: Tomado de Alienpowersystem, 2018

- Hélice

Figura 34
Hélice 40*16



Nota: Tomado de Tmotor, 2018

- ESC

Figura 35
ESC 400A



Nota: Tomado de Alibaba, 2017

- Batería

Figura 36
Batería 25000mAh



Nota: Tomado de Dongyingyoujia, 2022

Para este prototipo se usa el aluminio 6061 T4-T6 (Gabrian, 2017).

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. Metodología de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo pues en el diseño de un vehículo aéreo tripulado se tiene que identificar los datos como dimensiones de cada motor, dimensiones de cada hélice, y dimensiones de una persona promedio. Todos estos factores están relacionados con el diseño del vehículo aéreo tripulado. De igual manera, es de tipo aplicada debido a que se aplicaran conocimientos mecatrónicos para el diseño con la finalidad de beneficiar al sector tecnológico e investigativo de la ciudad y del país. No obstante, el diseño corresponde al de tipo no experimental, razón por la que no se puede manipular físicamente las variables en el equipo. Lo cual se tomará en cuenta varios factores de diseño de un prototipo funcional que pueda ser construido posteriormente.

Por otro lado, los alcances que abarca la investigación son de tipo exploratorio y descriptivo, donde el exploratorio busca deducir los factores que están involucrados en el proceso de diseño de vehículo aéreo tripulado, mientras que el alcance descriptivo corresponde al área donde se aplicarán los conocimientos mecatrónicos y bases teóricas para definir con los todos los parámetros del exploratorio un buen diseño que satisfaga la necesidad a la cual está enfocado el proyecto (Tabla 1).

Tabla 1

Investigación de enfoque

INVESTIGACION DE ENFOQUE	ALCANCES
ENFOQUE: CUANTITATIVO	EXPLORATORIO
Análisis de datos: dimensiones de cada motor, dimensiones de cada hélice, y dimensiones de una persona promedio	Deducir los factores que interfieren en el proceso de diseño de un vehículo aéreo tripulado.
DE TIPO: APLICADA	DESCRIPTIVO
Aplicación de los conocimientos mecatrónicos y bases teóricas para definir con todos los parámetros del exploratorio un buen diseño que satisfaga necesidad a la cual está enfocado en el proyecto	Aplicación de conocimientos mecatrónicos y bases teóricas en el diseño de un vehículo aéreo tripulado
CON DISEÑO: NO EXPERIMENTAL	
Debido a que no se pueden manipular las variables sobre un equipo.	

Nota: En esta tabla muestra tanto la investigación de enfoque como el alcance

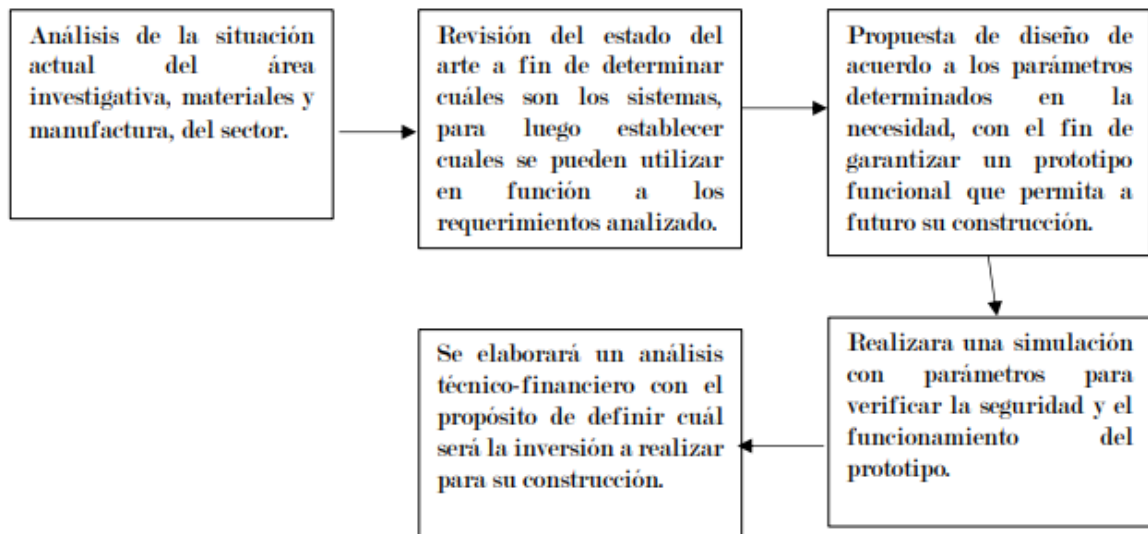
5.2. Metodología del proceso

El proceso metodológico se desarrollará en las siguientes etapas (Figura 37).

- A. Se hará un análisis de la situación actual del área investigativa, materiales y manufactura del sector, esto permitirá definir las variables cuantitativas como qué tipo de manufactura se va a utilizar, que tipo de materiales se van a usar de acuerdo a disposición en el área local.
- B. Se procederá a realizar una revisión del estado del arte a fin de determinar cuáles son los sistemas, para luego establecer cuales se pueden utilizar en función a los requerimientos del contexto analizado.
- C. Se propondrá un diseño de acuerdo a los parámetros determinados en la necesidad, con el fin de garantizar un prototipo funcional que permita a futuro su construcción.
- D. Se elaborará un análisis técnico-financiero con el propósito de definir cuán grande será la inversión a realizar para su construcción.

Figura 37

Metodología del proceso



Nota: Desglose de la metodología de proceso

5.3. Diseño del vehículo aéreo tripulado

5.3.1. Diseño de concepto

- *Selección del Sistema*

A continuación, se tienen los 4 prototipos de vehículos aéreos tripulados con sus diferentes características empezando por el material de la estructura, motores – hélices, ESC, Baterías y la inversión aproximada del prototipo para su construcción. En la Tabla 2 se muestran los componentes y la inversión aproximada para la construcción de cada uno

Tabla 2
Tipos de Drones

Nombre Prototipo	Material Estructura	Motor Hélices /	ESC	Batería	Inversión \$ aproximadamente
Jetson Aero Speeder	Aluminio 6065	Brushless 100kv Madera 32"	200A	20000mAh 44.4 V 12S	\$27,000.00
The human drone	Aluminio 6065	Brushless 80kv Madera 32"	250A	25000mAh 51.8V 14S	\$26,000.00
Drone tripulado de Cambodian	Aluminio 6061	Brushless 70kv Fibra de carbono 35"	300A	22000mAh 51.8V 12S	\$29,000.00
Flying man	Aluminio 6061	Brushless 60kv Fibra de carbono 40"	400A	22000mAh 29.6V 8S	\$30,000.00

Nota: Análisis y características de los cuatro prototipos

Una vez descritos los cuatro prototipos en la tabla se procede a dar una calificación de cada una de las características para discriminar modelos que cumplen con las necesidades establecidas, considerando el material de la estructura, tipo de motor, los drivers ESC, la batería y la inversión calificando cada ítem sobre 10 puntos (Tabla 3).

Tabla 3

Discriminación para selección del tipo de vehículo aéreo tripulado

Nombre prototipo	Calificación sobre 10					Total
	Material Estructura	Motor / Hélice	ESC	Batería	Inversión	
Jetson Aero Speeder	9	9	8	7	7	8
The human drone	9	8	8	8	9	8.4
Drone tripulado de Cambodian	8	7	7	7	6	7
Flying man	8	6	5	7	5	6.1



Nota: Calificación por prototipo sobre 10 puntos

Después de hacer el análisis se decidió excluir a los prototipos “Drone tripulado de Cambodian” y “Flying man” por su baja puntuación obtenida que muestra que tanto sus materiales como el diseño no están acorde a los requerimientos técnicos establecidos, razón por la cual se ha decidido optar por los prototipos “Jetson Aero Speeder” y “The human Drone” ya que son los más aptos en función de los requerimientos.

A continuación, se hará un comparativa entre los dos prototipos finales para definir el tipo de Vehículo aéreo tripulado a construir, incluyendo un nuevo ítem de calificación el cual es de seguridad tanto del diseño como del piloto (Tabla 4)

Tabla 4

Comparativa de los modelos Jetson Aero Speeder y The human drone

Componentes	Jetson Aero Speeder	The human Drone
Diseño		
Seguridad	6/10	9.5/10

Motores		
Hélices		
ESC		
Batería		
Inversión	\$27,000.00	\$26,000.00

Nota: Comparativa de los componentes entre los dos modelos para posterior calificación

Finalmente se califican los dos modelos para obtener el sistema seleccionado para su posterior diseño (Tabla 5).

Tabla 5

Calificación de prototipo

Componentes	Jetson Aero Speeder	The human Drone
Diseño	6.5	9
Seguridad	6	9.5
Motores	7	8
hélices	9	9
ESC	8.5	9
Batería	9	9
Inversión	7	8
Total	7.57	8.80

Nota: Calificación sobre 10 puntos para obtener un prototipo final

Como resultado final se ha seleccionado el sistema utilizado en “The Human Drone” para el proceso de diseño, debido a su coeficiente de seguridad y al diseño que este posee ya que se adapta a las necesidades técnicas y sus componentes son muy superiores al prototipo “Jetson Aero Speeder”, teniendo así la misma eficiencia de sustentación, pero con elementos de fácil obtención y más económicos.

- **Determinación de variables para el diseño del vehículo aéreo tripulado**

Una vez seleccionado el sistema se establecen las condiciones y restricciones para el diseño considerado las siguientes variables:

- **Cuantitativas**

- Peso de la estructura: 87 kg
- Límite de vuelo para prototipo. 10 minutos máx.
- Peso del drone con componentes es 90 kg
- Peso máximo del piloto: 80 kg
- Altura máxima del piloto: 1,75 m
- Altura máxima de vuelo: 4m
- Velocidad máxima: 10 km/h

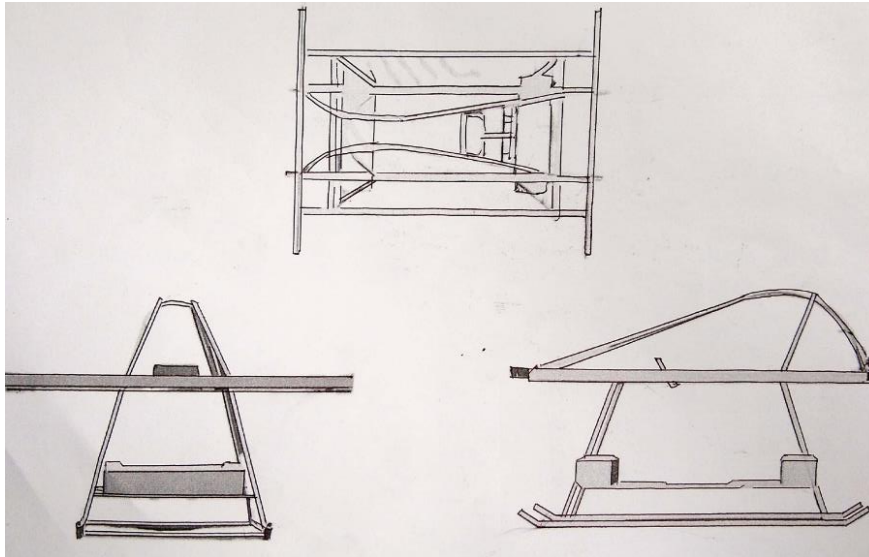
- **Cualitativas**

- Ergonómico
- Estético
- De fácil construcción
- Materiales accesibles localmente

- **Bocetos del Vehículo aéreo tripulado**

El diseño está inspirado en The human Project drone (Figura 38) especificado anteriormente, en donde se puede apreciar una geometría reforzada en el habitáculo para seguridad del piloto. La geometría establecida es apta para distribuir los componentes de manera homogénea para tener un centro de gravedad optimo y gozar de una eficiencia de vuelo más estable.

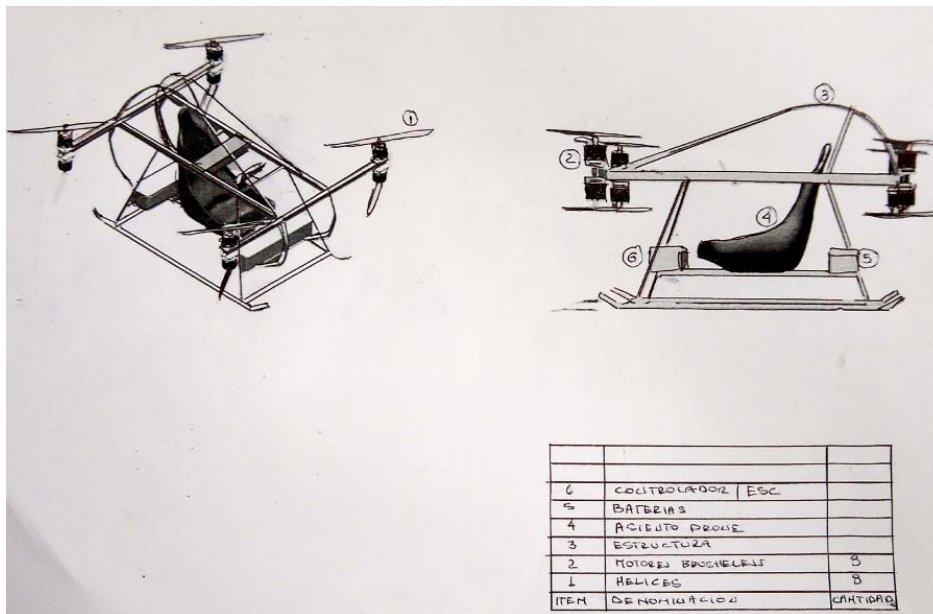
Figura 38
Boceto de la estructura del prototipo



Nota: Elaboración propia

Una vez definida la estructura a diseñar se distribuye los componentes para tener un centro de gravedad optimo y que el piloto goce de un habitaculo seguro y apto para el manejo del vehiculo (Figura 39).

Figura 39
Boceto del conjunto del prototipo



Nota: Elaboración propia

5.3.2. Selección de componentes

Para la selección de los componentes se ha realizado una investigación de elementos disponibles a nivel comercial y que se pueden importar al Ecuador. A continuación, se presentan los elementos definidos.

- **Asiento**

El asiento tipo buggy 6 puntos es un componente comercial normalizado que se encuentra en el mercado, ya que es utilizado en vehículos de competencia tipo buggy (Figura 40 y 41).

Figura 40

Asiento tipo buggy 6 puntos

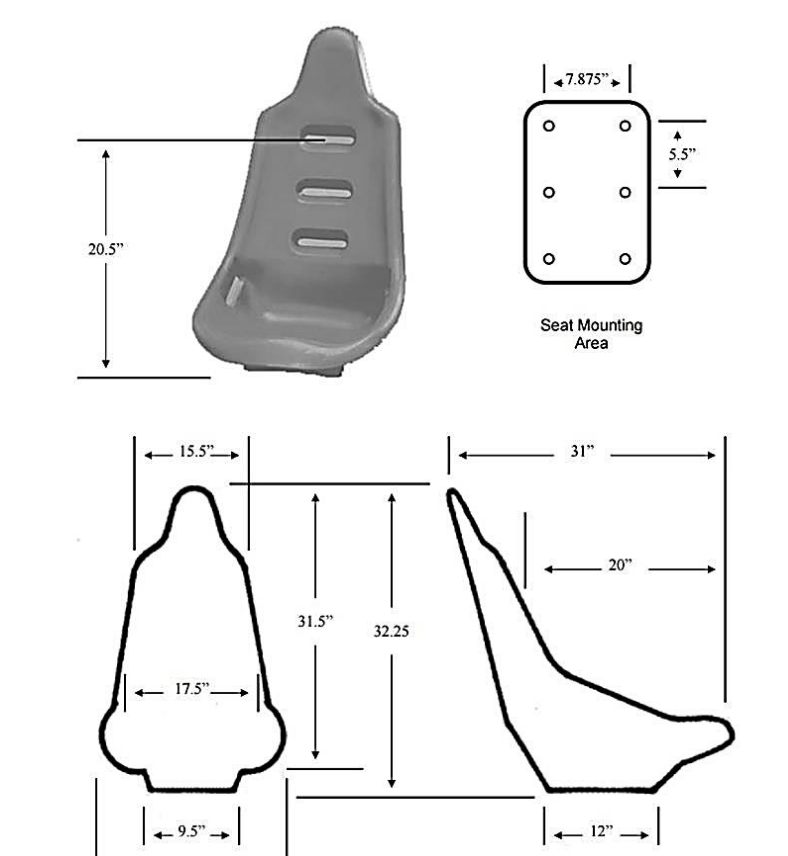


Nota: Tomado de (Ocompra, 2016)

- **Costo**
 - \$230
- **Dimensiones**

Figura 41

Medidas de asiento tipo buggy 6 puntos



Nota: tomado de (Ocompra, 2016)

- **Alien Power System Brushless Motor**

Este motor Brushless 50kv es ideal para levantar grandes pesos y comúnmente se usa en diferentes tipos de drones de gran tamaño debido a su eficiencia de vuelo (Figura 42 y 43).

Figura 42

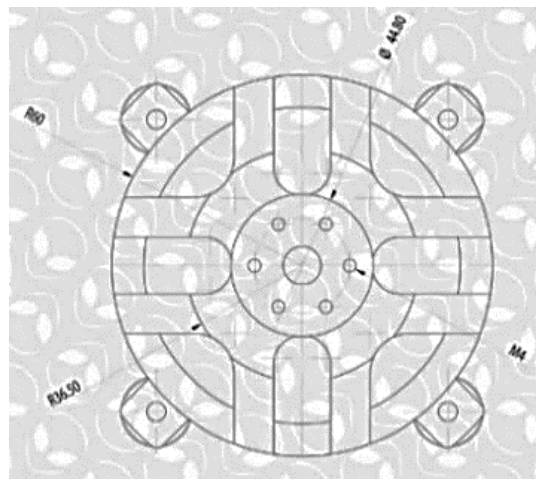
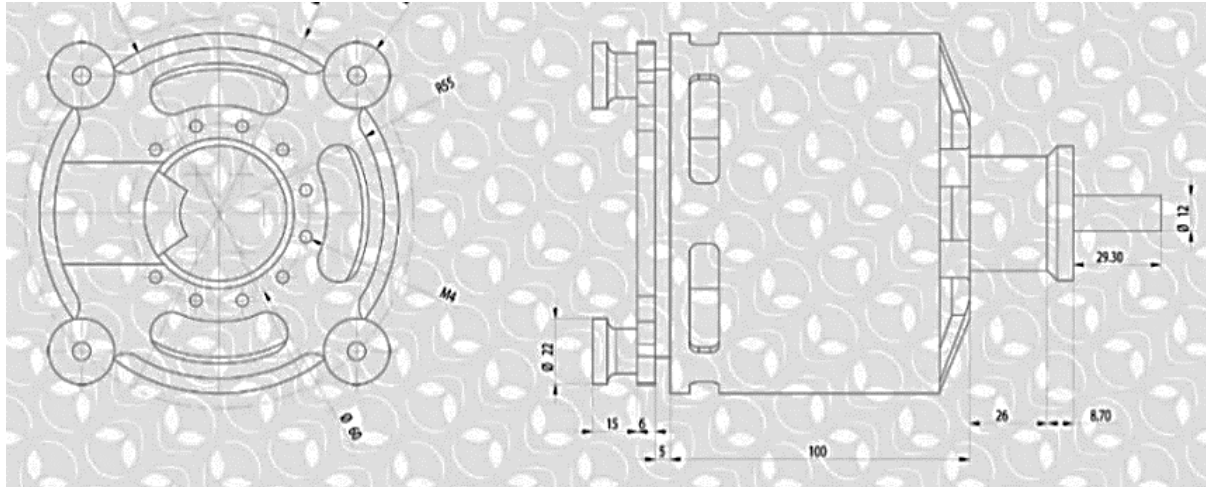
Motor brushless 50Kv



Nota: Tomado de Alienpowersystem, 2018

- **Costo**
 - \$625
- **Dimensiones**

Figura 43
Dimensiones de Alien Power System Brushless Motor



Nota: Tomado de Alienpowersystem, 2018

- **Especificaciones**
 - Motor: 120100
 - Kv: 50
 - Potencia máxima: 25000w
 - Empuje máximo 35250 g
 - Hélices recomendase 32*11

- Amperio máximo: ESC 300/400a
- Voltaje máximo: 100
- Tamaño: 120 x 120 (sin eje)
- Estator: 60 mm
- Peso (g): 3.935
- Eje: 12 mm con chavetero de 3 mm
- Paquete de accesorios: sí
- PCB interna con sensores de efecto hall de 120 grados

- **Alien Power System ESC**

Este modelo de ESC de 400 A soporta grandes corrientes que necesita el motor Brushless 50kv para su correcto funcionamiento y evitar fallas durante el vuelo (Figura 44).

Figura 44
Esc 400A



Nota: Tomado de Alienpowersystem, 2018

- **Costo**
 - \$350,85
- **Especificaciones**
 - Tamaño: 165 x 50 x 35 (mm)
 - Peso: 450 g
 - Voltaje de batería de 4S a 22S
 - BEC: NO
 - Valor de función de fácil configuración por Pro-Box o por PC a través del enlace USB proporcionado Comunicación bidireccional mientras se conecta a la computadora
 - El firmware puede ser actualizado por el USUARIO LVC

- Configuraciones de tiempo ajustables (0°- 30°) grados para adaptarse al tipo de motor
- 3 tipos de curva de aceleración
- 3 tipos de control de aceleración
- Rotación del motor programable

- **Hélice Fibra de Carbono V32*12.8**

En el modelo inspirado The Human Project drones su diseño lleva hélices de madera. Para los requerimientos y variables establecidas en este diseño se determinó usar hélices de fibra de carbono para una mayor eficiencia de vuelo, aligerar pesos y duración de uso (Figura 45 y 46).

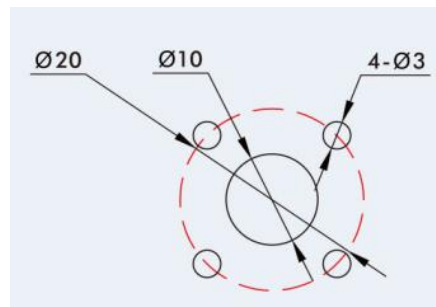
Figura 45
Hélices V32*12.8



Nota: Tomado de Tmotor, 2019

- **Costo**
 - \$135
- **Dimensiones**

Figura 46
Dimensiones de helicesV32*12.8



Nota: Tomado de Tmotor, 2019

- **Batería Lipo Tattu**

Se selecciono este componente para disminuir la cantidad de baterías que se usa en el modelo inspirado, que ayuda a aligerar y se goza de una eficiencia de diseño teniendo como

resultado más espacio disponible en el diseño a diseñar (Figura 48).

Figura 47

Batería lipo 22000 mAh



Nota: Tomado de Multicoptero, 2018

- **Costo**

- \$445,80

- **Especificaciones**

- Tipo de producto: Batería de lipo

- Capacidad: 22000mAh

- Voltaje: 22.2V

- Max Descarga en continuo: 25C (550A)

- Max Descarga puntual: 50C (1100A)

- Peso: 2500g

- Dimensiones: 195*91*64 mm

- Conector de balanceo: JST-XH

- Conector de descarga Anti chispazo: Rojo AS150, Negro Xt150 (los mismos conectores que se utilizan en el multicoptero S1000 de DJI)

- Rango de carga: 1-3C Recomendado, 5C Máximo

- **Emisora de vuelo**

Gracias a que cuenta con gran cantidad de canales de comunicación se puede usar para diferentes propósitos dentro del prototipo de diseñar y se puede visualizar gran cantidad de datos que envía el drone (Figura 48)

Figura 48
Emisora de vuelo TX16S



Nota: Tomado de Modeltronic, 2018

- **Costo**

- \$350

- **Especificaciones**

- Tamaño: 287 × 129 × 184 mm
 - Peso: 750g (sin batería)
 - Frecuencia de transmisión: 2.400GHz-2.480GHz
 - Módulo transmisor: Opción 1: Módulo multiprotocolo interno 4 en 1 (CC2500 CYRF6936 A7105 NRF2401)
 - Opción 2: ELRS interno (Sx1280)
 - Potencia de transmisión: Módulo multiprotocolo 4 en 1 interno: Máx. 100 mw (depende del protocolo)
 - ELRS interno: máx. 250 mw (la potencia de transmisión es ajustable)
 - Ganancia de antena: 2db (potencia de transmisión ajustable)
 - Corriente de trabajo: 400mA
 - Voltaje de funcionamiento: 6,6-8,4 v CC
 - Distancia de control remoto:> 2km @ 22dbm
 - Firmware de radio: EdgeTX
 - Firmware del módulo: Multiprotocolo- Módulo (4IN1)- OR-

ExpressLRS(ELRS)

- Canales: Hasta 16 canales (dependiendo del receptor)
- Pantalla: pantalla táctil TFT a todo color de 4,3 pulgadas con una resolución de 480 * 272

- **Controlador de vuelo**

Es uno de los mejores controladores de vuelo que existe en el mercado actualmente y pertenece a la mayor empresa de drones del mundo, cuenta con diferentes tipos de configuración para diferentes tipos de drones. Gracias a su software se puede conectar diferentes periféricos para obtener datos del drone en tiempo real (Figura 49).

Figura 49

Controlador de vuelo



Nota: Tomado de Modeltronic, 2018

- **Costo**

- \$150

- **Especificaciones**

- Diseño todo en uno
- Nueve tipos de multirrotores compatibles
- Función de estación de tierra libre
- Nuevo software asistente para smartphone PMU independiente
- Modo a prueba de fallas
- Dos niveles de protecciones de bajo voltaje
- Protección contra fallas de salida de una potencia de múltiples rotores Avanzado y Algoritmo de estabilización de actitud mejorado

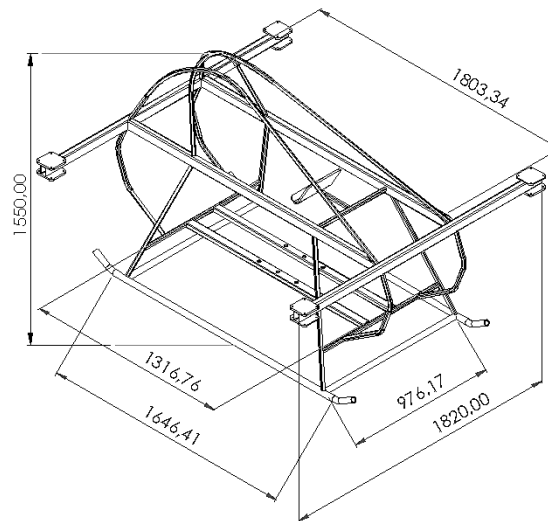
- Múltiples modos de control de vuelo/conmutación inteligente
- Nuevo software asistente
- Actualización de firmware en línea
- Módulo GPS disponible/retención de posición precisa compatible con iOSD mini
- Control de orientación inteligente
- Armado de motor y desarmado de motor
- PPM, S-BUS y amplificador; Receptor ordinario compatible
- Módulo LED independiente
- Función de estabilización de cardán incorporada
- Ajuste de ganancia remota

5.3.3. Diseño y cálculo de la estructura

- **Dimensionamiento**

Para el dimensionamiento correcto de la estructura, y para poder gozar de un habitáculo seguro se ha considerado las dimensiones de los componentes, tales como, asiento, hélices y motores, siendo estos los componentes más influyentes en el dimensionamiento y así poder tener una medida en perspectiva. Una vez ya obtenida las dimensiones de los componentes se realiza el diseño del prototipo con las dimensiones específicas. Las dimensiones del drone se observa en la (Figura 50).

Figura 50
Dimensionamiento del drone



Nota: Elaboración propia

- Diseño del Vehículo aéreo tripulado

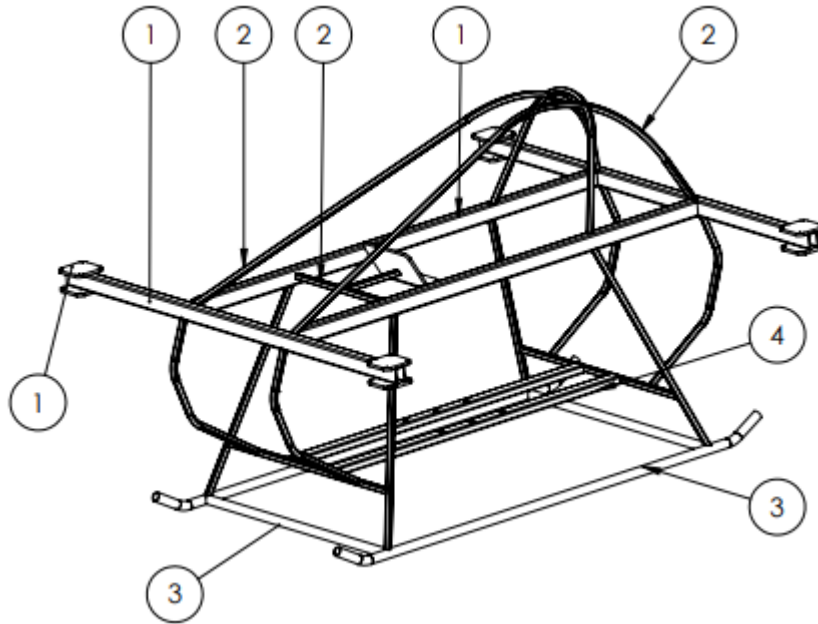
Una vez dimensionado el dron se procede a seleccionar el material, el cual es aluminio normalizado 6063 T5-T6 ya que tiene excelentes características tales como buena robustez, muy buena resistencia a la corrosión y excelente soldabilidad, sus características en detalle se encuentran en el anexo 1.

Existen varios perfiles del aluminio 6063 T5-T6 de los cuales se seleccionó diferentes tubos y perfiles, sus características se encuentran en el anexo 2 y 3.

En la (Figura 51) se observa los diferentes tipos de perfiles a usar con la ubicación de cada uno de estos, dando como resultado la utilización de 4 diferentes tipos de perfiles.

Figura 51

Diseño para la selección del material



Nota: Elaboración propia

Tabla 6

Materiales específicos

Numero	Código	Descripción
1	U107	Perfil rectangular
2	60/50	Tubo redondo
3	40/36	Tubo redondo
4	U102	Perfil rectangular

Nota: Diferente distribución de perfiles que tiene la estructura

En la (Tabla 6) se puede observar la diferente distribución de perfiles que tiene la estructura, cada perfil tiene medidas normalizadas los cuales se encuentra en el Anexo 2 y 3 obteniendo así diferentes anchos y espesores, los cuales van a estar sometidos a diferente tipo de fuerzas.

- **Soldadura TIG**

La estructura es la unión de varios tipos de perfiles y de tubos de aluminio por lo cual todas estas van ir soldadas para conformar una sola estructura, se considera que la soldadura tiene la misma resistencia del material por consecuencia se puede hacer un análisis integral de todo el sistema. Se seleccionó los electrodos ER4043 TIG. Como guía general, el ancho del cordón de soldadura TIG en aluminio suele ser de 1.5 a 2 veces el diámetro del electrodo de tungsteno utilizado. Se utiliza un electrodo de tungsteno de 2,4 mm de diámetro, el ancho del cordón de soldadura TIG en aluminio puede ser de 3,6 a 4,8mm. La información general detallada del electrodo a utilizar están en el Anexo 4.

- **Análisis estructural**

Un análisis estructural es una herramienta crucial para comprender y evaluar la estabilidad y seguridad de una estructura. En este tipo de análisis, se examina la resistencia de la estructura frente a diversas cargas y fuerzas, así como su capacidad para soportarlas sin sufrir daños o deformaciones significativas. Además, se evalúa la calidad y la integridad de los materiales utilizados en la construcción de la estructura. Para realizar un correcto análisis estructural se debe tener en consideración cada una de las masas tanto de los componentes eléctricos, electrónicos, peso del piloto y de la estructura como se ve en la (Tabla 7), para hacer el análisis estructural colocando cada uno de las masas en su respectiva área de la estructura para su posterior análisis.

Tabla 7

Masas que influyen en la estructura

Ítem	Cantidad	Peso [kg]	Masa [N]	Área
Baterías	12	2,500	294,3	Centro
Persona	1	80,000	784,8	Centro
Hélices	8	0,325	25,506	Laterales
Motores	8	2,000	156,96	Laterales
Drivers	8	1,500	117,72	Centro
Estructura	1	86,651	850,04631	
Asiento	1	2,500	24,525	Centro
Total	39	229,75	2253,86	

Nota: Distribución de masas en el vehículo aéreo tripulado

El vehículo se divide en 3 áreas en donde se distribuye una masa diferente respectivamente, se obtiene la suma de las masas correspondientes en cada área de la estructura (Tabla 8).

Tabla 8

Suma de las masas

Área	Valor
Centro	1221,35 N
Laterales	182,47 N
Total	2253,86 N

Nota: Resultados de la suma de las diferentes masas en las áreas correspondientes

Se analiza partiendo del diagrama de cuerpo libre del diseño para identificar las masas que se tienen y en qué área del dron influyen. Se tiene un sistema de coordenadas X, Y en todos los puntos de las fuerzas a simular. Todos los componentes que influyen en cada de las fuerzas se explica en la (Tabla 9)

Tabla 9

Distribución de fuerzas de DCL

FUERZA	Componentes	MASA [N]
FY1	Motores + hélices	45.61 N
FY2	Motores + hélices	45.61 N
FY3	Motores + hélices	45.61 N
FY4	Motores + hélices	45.61 N
FY5	Piloto + Asiento	809.32 N
FY6	6 baterías + 4 ESC	206 N
FY7	6 baterías + 4 ESC	206 N
FY8	Motor + hélice + Estructura	51.11N

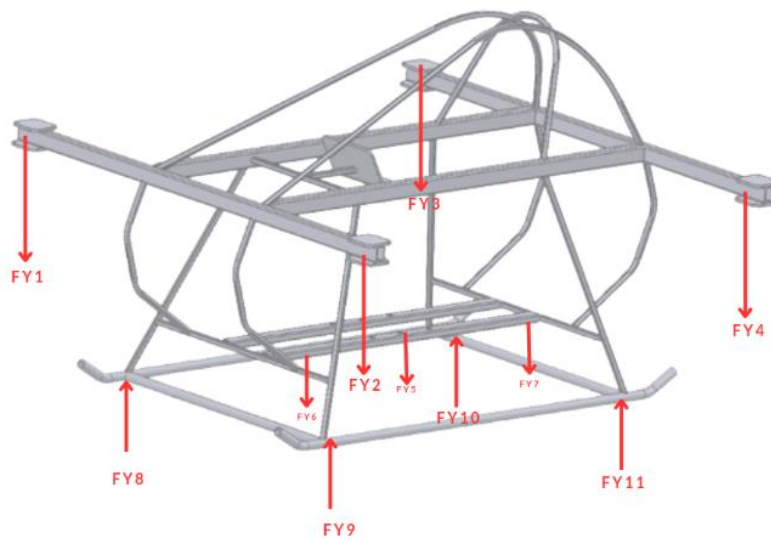
FY9	Motor + hélice + Estructura	51.11N
FY10	Motor + hélice + Estructura	51.11N
FY11	Motor + hélice + Estructura	51.11N

Nota: Las masas respectivas que influyen en el drone

A continuación, se muestra la Figura 5 el diagrama de cuerpo libre con las fuerzas respectivas que influyen en nuestro vehículo aéreo tripulado

Figura 52

Diagrama de cuerpo libre de la estructura

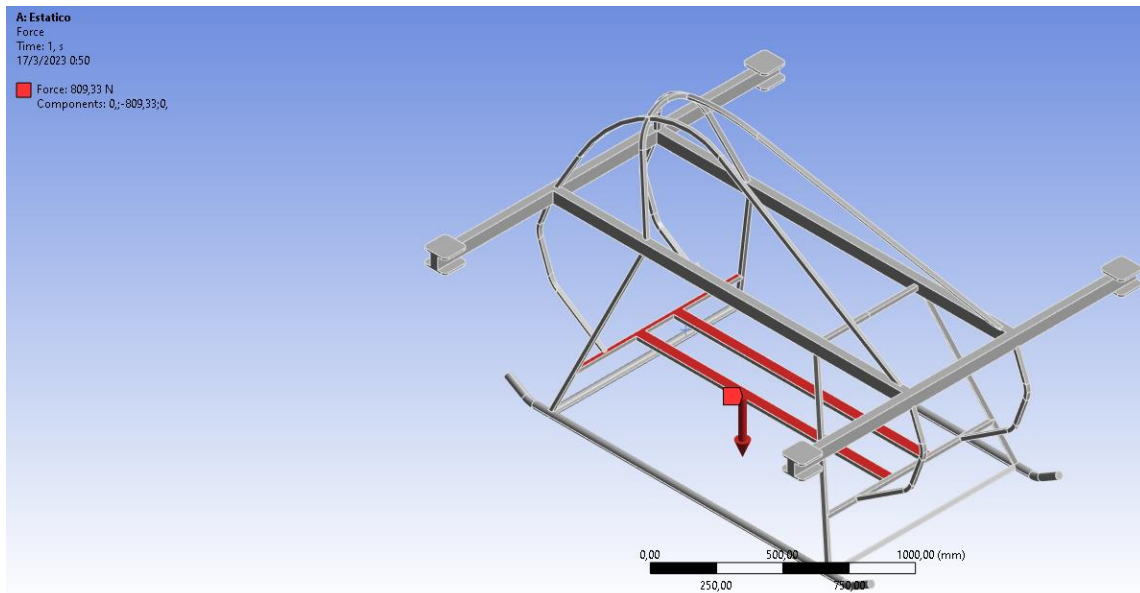


Nota: Elaboración propia. Fuerzas que influyen en el dron distribuidas en DCL

- Análisis estático

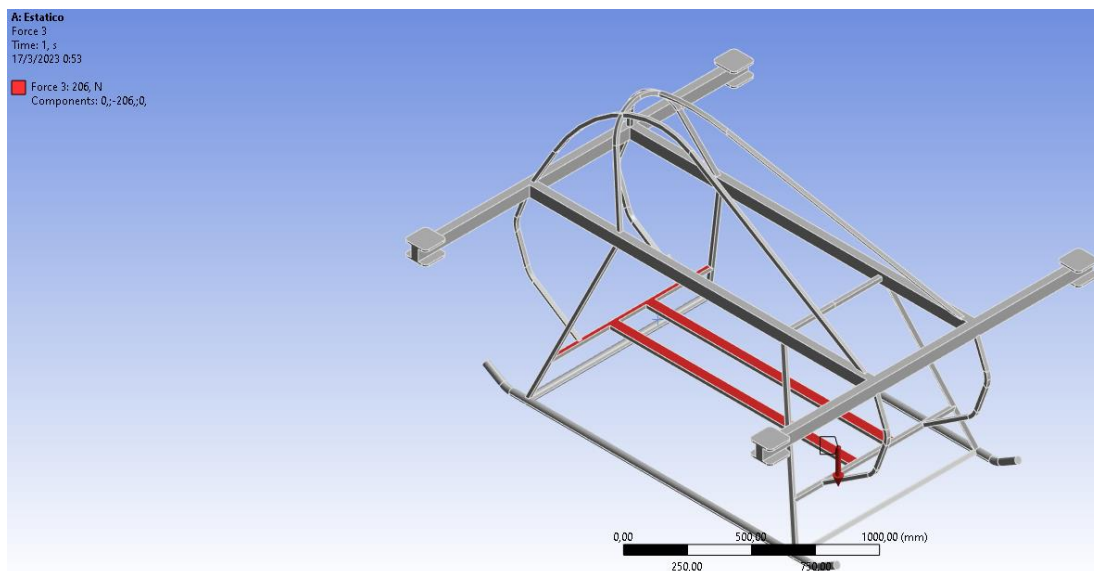
El primer análisis en condición estática, donde el vehículo aéreo NO está en funcionamiento, se va a dar considerando: la fuerza FY5 que es la masa de Piloto más la del Asiento (Figura 53), la fuerza FY6 (Figura 54) masa de 6 baterías más 4 ESC y la fuerza FY7 (Figura 55) que es la masa de las otras 6 baterías más 4 ESC en donde los perfiles de aluminio que van a estar más expuestos a cargas son lo que se muestra en la (Figura 53).

Figura 53
Fuerza en FY5



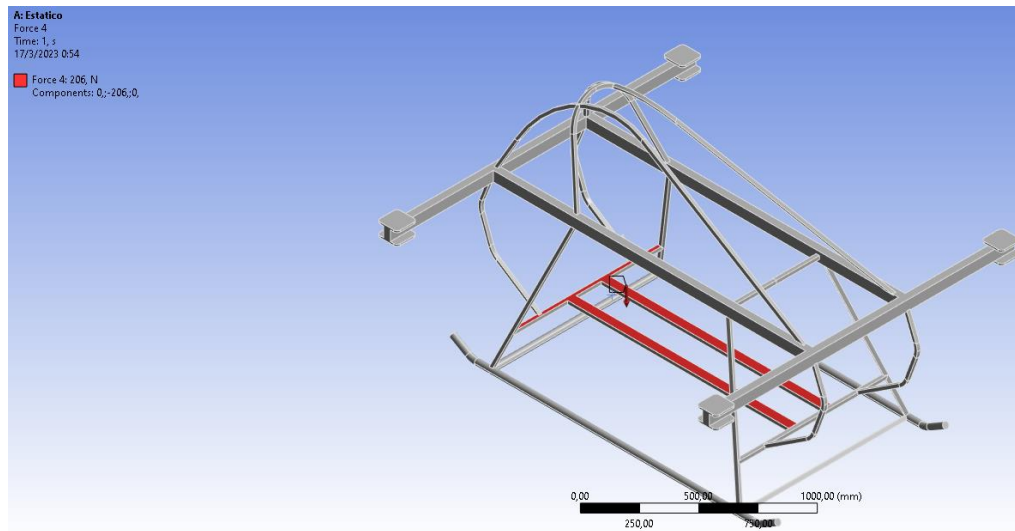
Nota: Elaboración propia. Simulación en Ansys

Figura 54
Fuerza en FY6



Nota: Elaboración propia. Simulación en Ansys

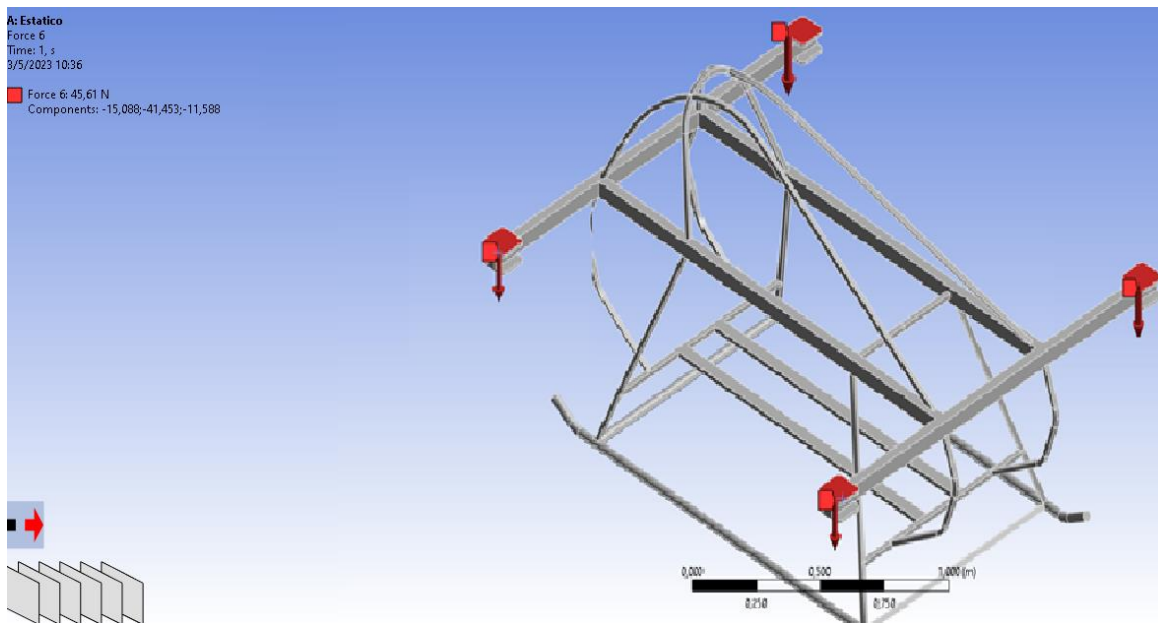
Figura 55
Fuerza en FY7



Nota: Elaboración propia. Simulación en Ansys

El segundo análisis en condición estática, las masas que influyen en FY1, FY2, FY3, FY4 (8 motores y 8 hélices). La masa total es de 45,61 N que se aplica a cada uno de los cuatro brazos donde van colocados los motores con las hélices (Figura 56).

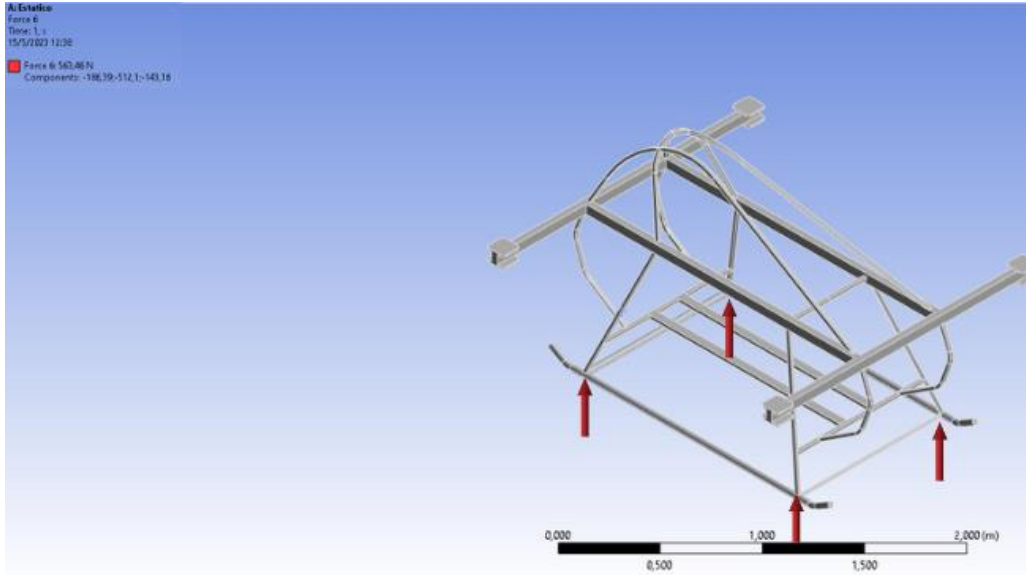
Figura 56
Fuerzas en FY1, FY2, FY3 y FY4



Nota: Elaboración propia. Simulación en Ansys

El tercer análisis en condición estática, las masas que influyen en FY8, FY9, FY10, FY11 (Peso total de la estructura con componentes y piloto). La masa total es de 563.46 N

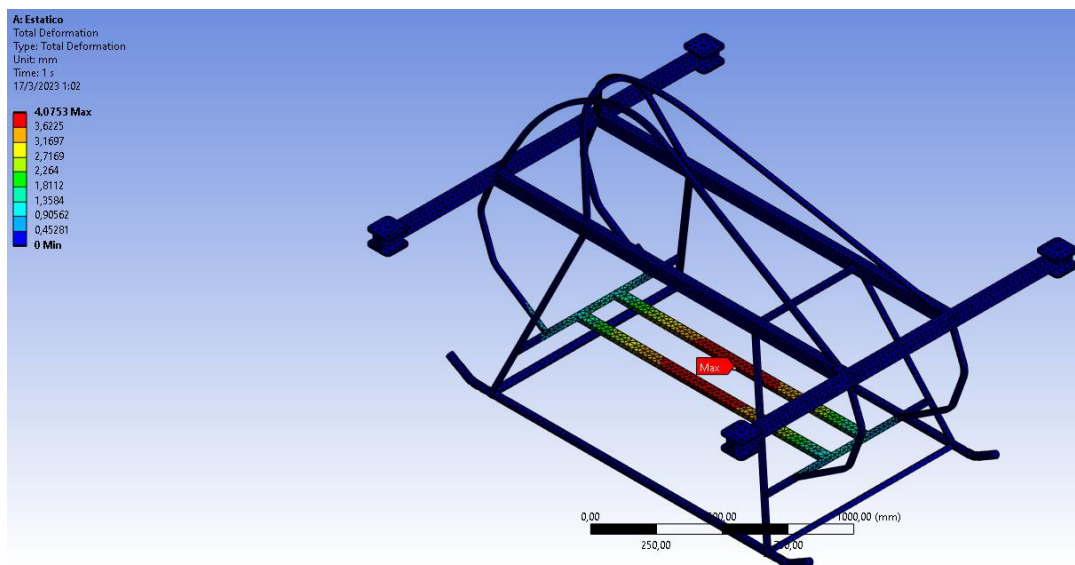
Figura 56
Fuerza en FY8, FY9, FY10, FY11



Nota: Elaboración propia. Simulación en Ansys

Como resultado da una deformación de 4.0753 mm como máximo en el material. En la parte de los laterales no se tiene ningún tipo de deformación en el análisis estático, (Figura 57).

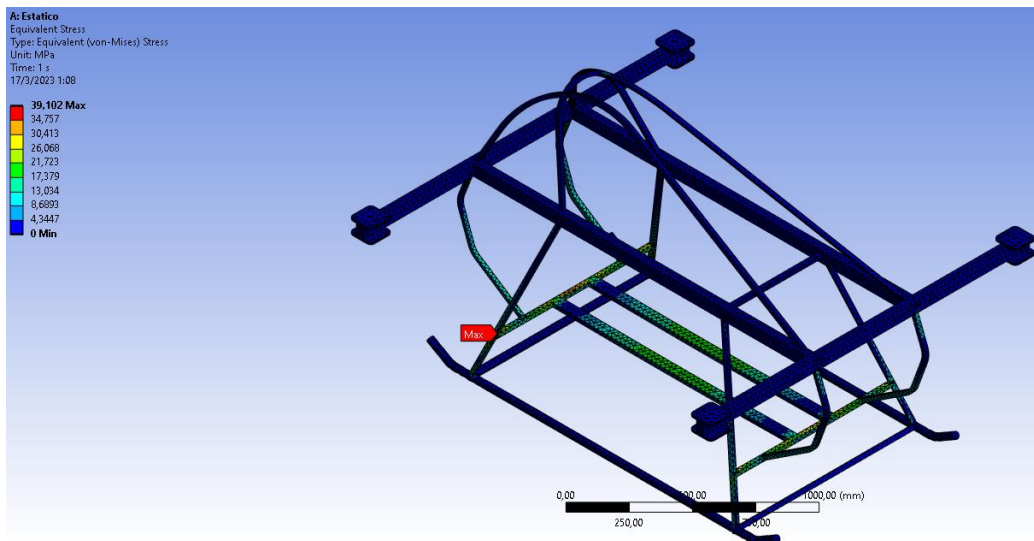
Figura 57
Resultado aplicado las cargas correspondientes



Nota: Elaboración propia. Simulación en Ansys

Como resultado de estrés Von Mises es de 30,413 MPa como máximo en la estructura del drone, en donde no se muestra afectación significativa a la estructura que altere con las propiedades mecánicas del mismo (Figura 58).

Figura 58
Resultados a Estrés Von Mises



Nota: Elaboración propia. Simulación Ansys

En la (Tabla 10) se presentan los datos obtenidos en la simulación del análisis estático y las características del material.

Tabla 10
Resultados simulación

Resultados en Estático				
Datos de la simulación			Datos del material	
Área	Resultado deformación	Estrés Von mises	Limite elástico	Límite de fatiga
Centro	4.07 mm	33,512 N/mm ²	175 N/mm ²	150 N/mm ²
Laterales	0 mm	0 N/mm ²	175 N/mm ²	150 N/mm ²
Barras soporte	0 mm	0 N/mm ²	175 N/mm ²	150 N/mm ²

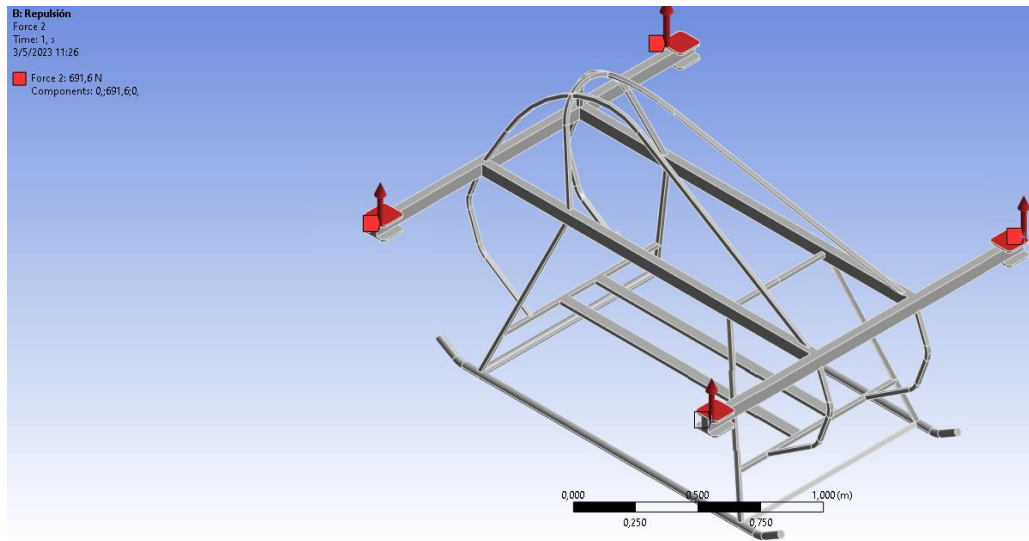
Nota: Resultados obtenidos en la simulación comparados con las características del material

- Análisis dinámico

Considerando que la masa en FY5, FY6 y FY7 va ser la misma. Se tiene como dato de ficha técnica de los motores que se seleccionó para este vehículo aéreo tripulado, que la fuerza de empuje es de 35250 g teniendo como total una masa de empuje de 2766.42 N, teniendo 8 motores distribuidos en 2 por cada brazo nos daría una fuerza de empuje por brazo de 691.60 N (Figura 59).

Figura 59

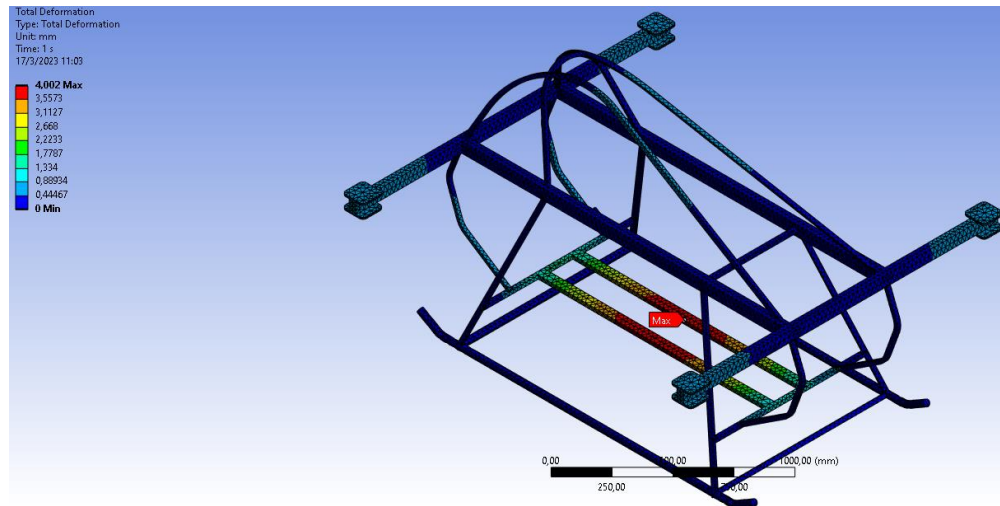
Fuerzas en FY1, FY2, FY3 y FY4 para generar sustentación



Nota: Elaboración propia. Simulación Ansys

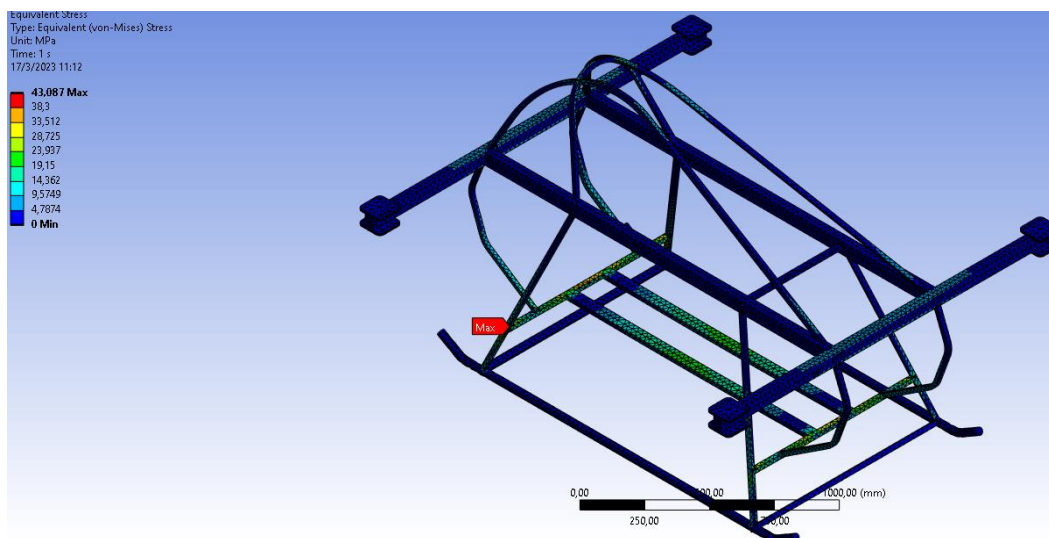
Aplicando la máxima fuerza de empuje en los motores distribuidos en las 8 caras de los brazos del vehículo aéreo tripulado de 691.60 N se observa una deformación máxima de 4.07mm la cual es en la parte inferior donde va distribuidas las fuerzas FY5, FT6 y FY7 mientras en los brazos del vehículo se ve una deformación de 0.44mm (Figura 60).

Figura 60
Resultado aplicado las cargas correspondientes



Nota: Elaboración propia. Simulación Ansys
Como resultado del estrés Von Mises se tiene 33,512 MPa como máximo en los perfiles de la estructura del drone, donde no sufre estrés considerable (Figura 61).

Figura 61
Resultados a Estrés Von Mises



Nota: Elaboración propia. Simulación Ansys

Tomando en cuenta las propiedades mecánicas de nuestro material podemos analizar los resultados obtenidos en la simulación.

Tabla 11

Resultados con sustentación

Resultados con sustentación				
Datos simulación			Datos materiales	
Área	Resultado deformación	Estrés Von mises	Limite elástico	Límite de fatiga
Centro	4,002 mm	33,512 N/mm ²	175 N/mm ²	150 N/mm ²
Laterales	0,4403 mm	4,7874 N/mm ²	175 N/mm ²	150 N/mm ²
Barras soporte	0 mm	0 N/mm ²	175 N/mm ²	150 N/mm ²

Nota: Resultados obtenidos en la simulación comparados con las características del material

- **Factor de seguridad**

Teniendo en cuenta que el factor de seguridad para piezas o elementos de aeronáutica el factor de seguridad debe ser entre el 1.5 al 2.5 como se observa en el Anexo 5 se hace el siguiente análisis con los datos obtenidos (Figura 62).

Los datos para el análisis son los siguientes:

- Limite elástico del material = 175 N/mm²
- Resultado Estrés Von Mises = 33.512 en el punto más critico

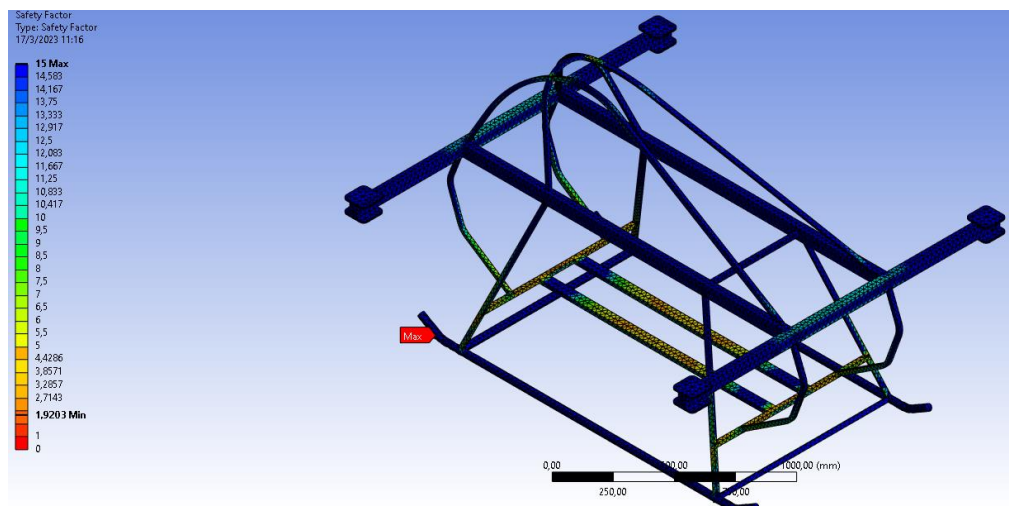
Factor seguridad= Limite Elástico material / Resultado Von mises

Factor seguridad = 175/33.512

Factor seguridad = 4.47

Figura 62

Factor de seguridad



Nota: Elaboración propia. Simulación Ansys

5.3.4. Diseño a detalle

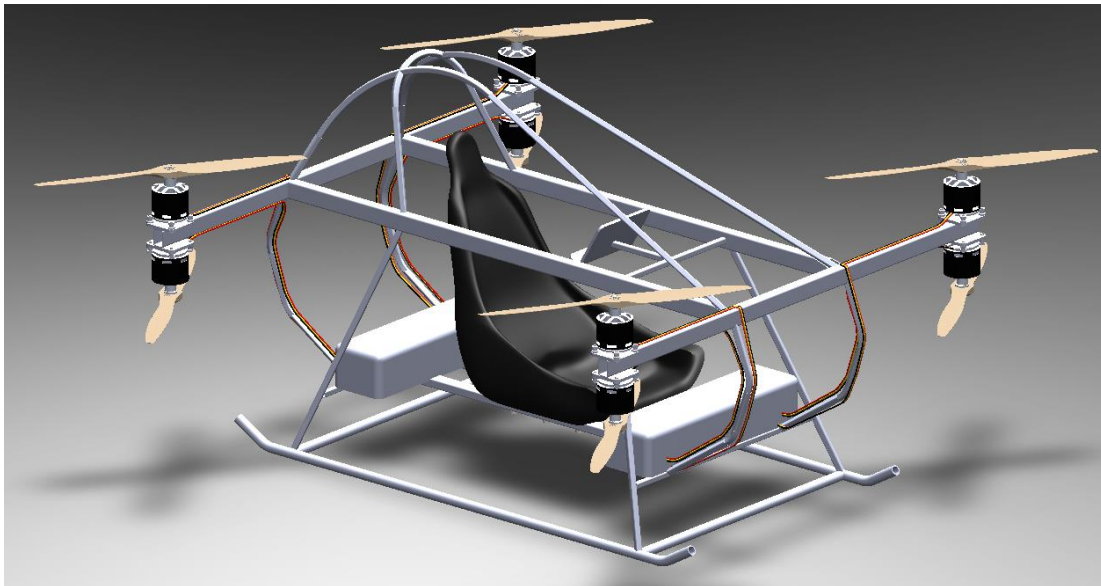
El vehículo aéreo tripulado está conformado por los siguientes componentes descritos a continuación:

- Motores
- Hélices
- Asiento
- ESC
- Baterías
- Controlador de vuelo
- Emisora
- Estructura del drone

En donde se ve constituido en la Figura (63).

Figura 63

Vehículo aéreo no tripulado con todos los componentes



Nota: Elaboración propia. Diseño completo con todos sus componentes

En el anexo 6 se puede ver los respectivos planos del vehículo aéreo tripulado.

5.3.5. Análisis de costos

Para calcular los valores de costos, se utiliza el sistema de costos unitarios, para realizar el cálculo por medio de este método, se van a considerar varios puntos en donde se consideran equipo y herramientas, materiales, transporte, mano de obra. De igual manera se considera un 15% de indirectos. para la realización de este sistema se dividió en dos rubros, primero el rubro del sistema estructural en donde se contempla netamente el habitáculo estructural del dron, así como también materiales del mismo, y el rubro del sistema de sustentación, en donde se contempla todos los componentes eléctricos y electrónicos, así como también todas las instalaciones mecatrónicas que son necesarias para que el vehículo aéreo tripulado pueda ejercer el vuelo.

El costo total del vehículo aéreo tripulado es de ***\$23,089.78 USD***, cuyos precios unitarios se encuentran desglosados en las tablas 12, 13, 14 que se presentan a continuación

Tabla 12

Análisis de costos del sistema estructural

PROYECTO: DISEÑO DE UN VEHÍCULO AÉREO TRIPULADO DUNDAMENTADO EN TECNOLOGÍA					
NOMBRE DEL OFERENTE:	MIKE AGUIRRE - DIEGO JIMENEZ				
PROYECTO:					
ITEM:	1				
DESCRIPCION:	SISTEMA ESTRUCTURAL				
UNIDAD:	u				
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor					22,80
Taladro		1	10,00	1,5	15,00
Soldadora		1	15,00	15	225,00
Plasma para corte		1	20,00	4	80,00
				PARCIAL M	342,80
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD A	PRECI/U	COSTO TOTAL C=A*B
Perfil de aluminio 6065		kg	40,00	3,38	135,20
Electrodos de suelda		u	20,00	4,22	84,40
				PARCIAL N	219,60
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Camion Gye- Cue - Motor	u	1	50,00	1	50,00
Transporte de perfiles (Interno)	u	3	10,00	1	30,00
				TOTAL	80,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C
Ayudante mecatronico para corte y suelda		1	2,80	100	280,00
Ingeniero Mecatronico para corte y suelda		1	4,80	100	480,00
				PARCIAL P	760,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)					1402,40
INDIRECTOS Y UTILIDAD				15,00%	210,36
COSTO TOTAL DEL RUBRO					
VALOR PROPUESTO					1612,76

Tabla 13:

Análisis de costos Asiento

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL OFERENTE:	MIKE AGUIRRE - DIEGO JIMENEZ				
DRONES					
ITEM:	2				
DESCRIPCION:	ASIENTO DRONE				
UNIDAD:	u				
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	TARIFA HORA	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor					0,00
				PARCIAL M	0,00
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD A	PRECI/U	COSTO TOTAL C=A*B
Tuercas, tronillos		u	6,00	1	6,00
Asiento para Buggy		u	1,00	230	230,00
				PARCIAL N	236,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Transporte Gye-Cue	u	1	25,00	1	25,00
				PARCIAL O	25,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C
					0,00
				PARCIAL P	0,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)					
					261,00
INDIRECTOS Y UTILIDAD				15,00%	39,15
COSTO TOTAL DEL RUBRO					
VALOR PROPUESTO					300,15

Tabla 14

Análisis de costos Sistema de sustentación

ÁNALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL OFERENTE:	MIKE AGUIRRE - DIEGO JIMENEZ				
DRONES					
ITEM:	3				
DESCRIPCION:	Sistema de sustentacion				
UNIDAD:	u				
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor		3%MO			57,75
(Taladro, brocas, llaves de boca, hexagonal,etc)		u			250,00
				PARCIAL M	307,75
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD A	PRECI/U	COSTO TOTAL C=A*B
motores brushless 100kv		u	8,00	625	5000,00
helices fibra de carbono		u	8,00	135	1080,00
variador de velocidad esc 400 A		u	8,00	350,85	2806,80
Bateria lipo turnigy 22000mah		u	12,00	445,8	5349,60
Cableado		lbs	6,00	5	30,00
Emisora de wuelo		u	1,00	350	350,00
Controlador de vuelo		u	1,00	150	150,00
				PARCIAL N	14766,40
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Transporte internacional	u	1	1646,52	1	1646,52
logistica interna	u	1	30,00	1	30,00
				PARCIAL O	1676,52
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C
Ingeniero Mecatronico		1	4,85	250	1212,50
Ayudante Ing. Mecatronico		1	2,85	250	712,50
				PARCIAL P	1925,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)					18675,67
INDIRECTOS Y UTILIDAD				15,00%	2801,35
COSTO TOTAL DEL RUBRO					
VALOR PROPUESTO					21477,02

6. Análisis de resultados

- **Análisis de Resultados para selección del tipo de dron**

Para el diseño se consideran las siguientes condiciones:

- Peso de la estructura: 87 kg
- Límite de vuelo para prototipo: 10 minutos máx.
- Peso del Vehículo aéreo tripulado con componentes: 90 kg.
- Peso máximo del piloto 80 kg.
- Altura máxima del piloto 1,75 m
- Altura máxima de vuelo: 4m
- Velocidad máxima 10 km/h
- Tener un vuelo eficiente con materiales livianos y resistentes que cumplan con las condiciones de sustentación seguras para el piloto y aeronave.

El modelo del vehículo propuesto está inspirado en el “Human Project Drone” que lleva una geometría segura y eficiente. El vehículo aéreo tripulado es de tipo coaxial cuadricóptero ya que este presenta el doble de motores y hélices que, de brazos, es decir, cada uno de sus cuatro brazos presenta dos motores y hélices respectivamente. Si se pregunta porque este tipo de vehículo, es simple, más motores, más potencia, y por ende más eficiente y seguro, ya que si algún motor falla el otro lo compensa y estabiliza hasta su posterior aterrizaje, y así tener un descenso seguro y controlado

- **Análisis de Resultados para selección de componentes**

Los componentes seleccionados son los siguientes que se muestran en la tabla (15)

Tabla 15

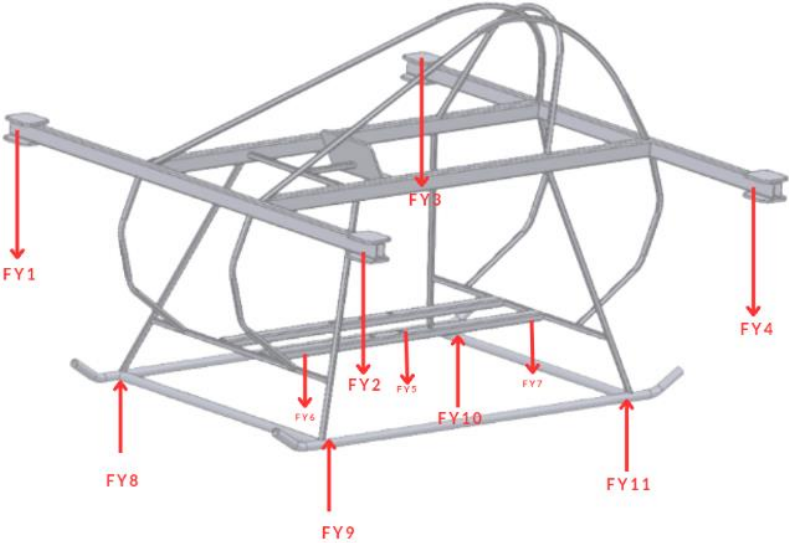
Se han seleccionado estos componentes debido a su desempeño y a su facilidad de obtención en el mercado, así como también a la fiabilidad que estos ofrecen.

COMPONENTES SELECCIONADOS		
 <p>Asiento tipo Buggy</p>	 <p>Brushless motor</p>	 <p>ESC</p>
 <p>Batería Lipo Tattu</p>	 <p>Hélice Fibra de Carbono</p>	 <p>Emisora / controlador de vuelo</p>

- **Análisis de resultados a nivel estructural**

Tabla 16

Análisis de resultados estructural

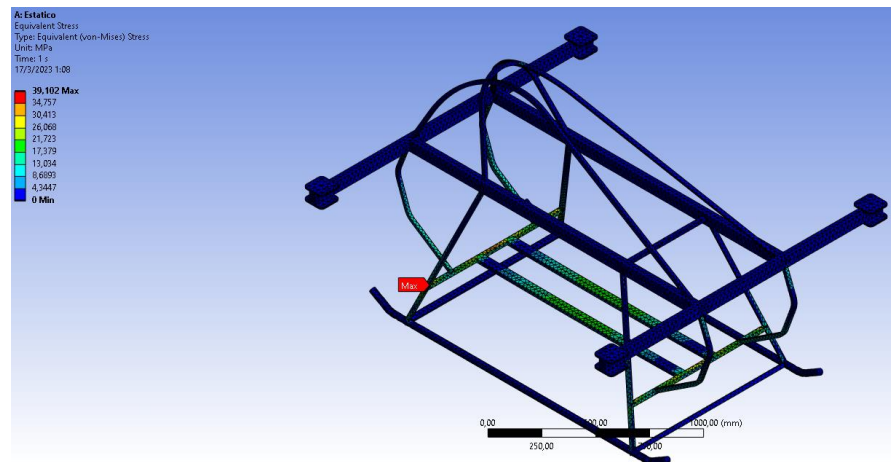
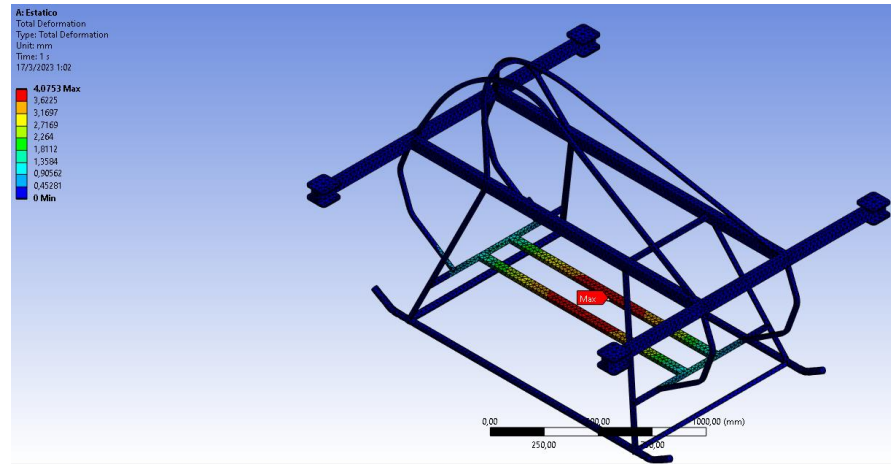
<p>Estructura / fuerzas aplicadas sobre puntos.</p>	 <p>Diagrama de la estructura de un vehículo con puntos de aplicación de fuerza etiquetados como FY1 a FY11.</p>
---	--

Análisis estático:

Deformación máxima
4.07mm en el centro
de las barras de la
estructura en donde va
el asiento

Stress Von Mises

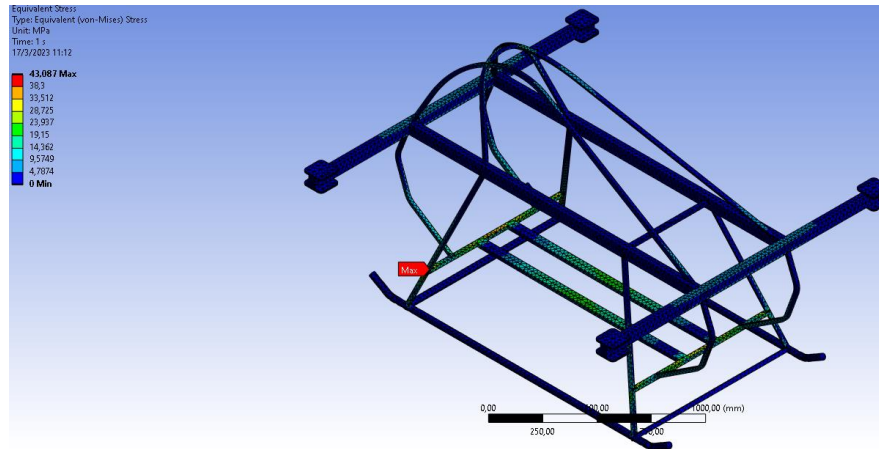
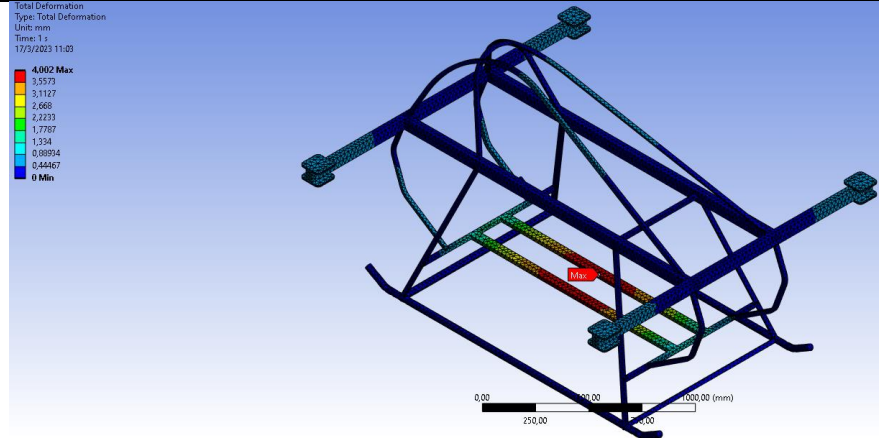
Max: 26.06 MPa



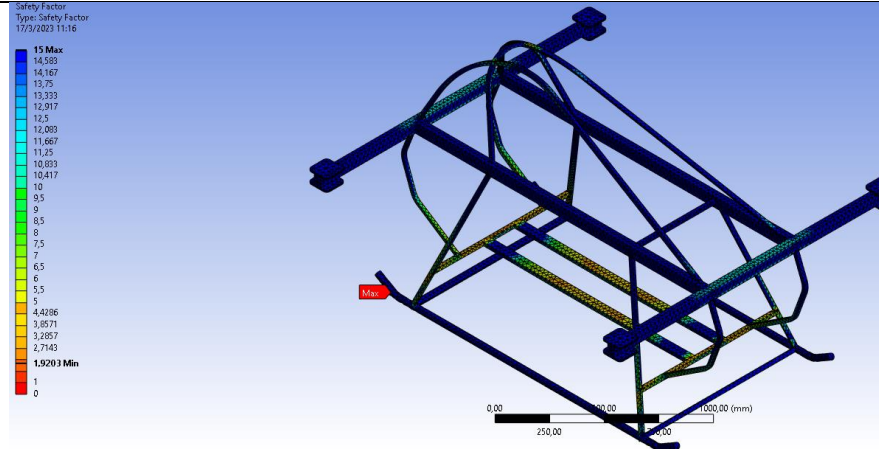
Análisis dinámico

Deformación máxima
4.07mm en el centro
de las barras de la
estructura en donde va
el asiento

Stress Von Mises
Max: 33.51 MPa



Coeficiente de
seguridad
Max: 15
Min: 2,71



En el análisis estático se da una deformación de 4.07 mm como máximo en el centro del vehículo, es decir donde actúa FY5. Para esta deformación la tensión máxima de Von Mises en los puntos críticos de la estructura alcanza un valor 33,51 N/mm² .

El esfuerzo permisible que se obtiene de dividir el esfuerzo ultimo del material que es de 175 N/mm² para el factor de seguridad máximo que determina el diseño de elementos aeronáuticos que es de 2,5 da un valor de 70 N/mm² , si comparamos este valor con la tensión de Von Mises se puede ver claramente que es mucho mayor, por lo que la estructura no alcanza a condición plástica y los valores de factor de seguridad tal como muestra la gráfica están entre 2,71 y 15 por lo que podemos garantizar que la estructura soportara los esfuerzos de acuerdo a los requerimientos de la aeronave.

En el análisis dinámico se da igual una deformación de 4.07 mm como máximo en el centro del vehículo, es decir donde actúa FY5. Para esta deformación la tensión máxima de Von Mises en los puntos críticos de la estructura alcanza un valor 33,51 N/mm².

Para este análisis se incrementan las fuerzas de sustentación que están en los extremos de los brazos en donde se colocan las hélices, la deformación en estos elementos es de 0,44mm, la tensión de Von Mises es de 4,78 N/mm² y el factor de seguridad para estos puntos en la zona critica que esta de color verde en la gráfica es de 9,5, lo que garantiza que durante la operación de vuelo la estructura no se deforme.

- **Análisis de resultados para los costos unitarios**

Se han considerado varios puntos en donde se considera equipo y herramientas, materiales, transporte, mano de obra. De igual manera se considera un 15% de indirectos. para la realización de este sistema se dividió en dos rubros, primero el rubro del sistema estructural en donde se contempla netamente el habitáculo estructural del drone, así como también materiales del mismo, y el rubro del sistema de sustentación, en donde se contempla todos los componentes eléctricos y electrónicos, así como también todas las instalaciones mecatrónicas que son necesarias para que el vehículo aéreo tripulado pueda ejercer el vuelo. El costo es de ***\$22,947.18 USD***

7. Conclusiones

- Para poder realizar un correcto diseño el vehículo aéreo tripulado es necesario saber los avances tecnológicos que se han llevado a cabo en el tiempo, y si estos están a nuestra disposición para poder determinar, necesario identificar y verificar las diversas variables tanto cuantitativas como cualitativas que son necesarias para el diseño de un vehículo aéreo tripulado.
- El material y componentes seleccionados nos permiten tener un vuelo eficiente, así como también tener un peso ligero para poder tener una mayor maniobrabilidad en el vuelo, la ubicación de los componentes tiene que ser pensando en gozar de un punto de gravedad bajo para tener una mayor estabilidad, así como también para poder distribuir el espacio dentro del habitáculo.
- Para diseñar un vehículo aéreo tripulado fundamentando en tecnología actual de drones, es necesario desarrollar la integración mecatrónica de sus componentes, además garantizar los sistemas a través de la simulación en software de ingeniería.
- El análisis realizado mediante el software de simulación ANSYS contribuyen en la comprobación del diseño y cálculos analíticos, en donde mediante las pruebas realizadas corroboran las dimensiones y materiales seleccionados.
- El costo de un vehículo aéreo tripulado depende de las características del mismo y de los elementos que se quieran integrar, para este caso en particular el costo es de \$23000 aproximadamente.

8. Bibliografía

- Accesoriosdrone.* (20 de 04 de 2018). Obtenido de <https://accesoriosdrone.com/componentes-para-tu-drone/receptores-de-radio/>
- Addati, G. A. (2014). *Introducción a los UAV's, drones o vants de uso civil*. Buenos Aires: Universidad del Cema .
- Alacermas. (19 de 05 de 2018). *Aluminio*. Obtenido de https://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_6063_aluminio.pdf
- Alibaba.* (10 de 01 de 2017). Obtenido de https://www.alibaba.com/pla/Flier-200A-16S-Navy-brushes-controller_60222368004.html?mark=google_shopping&biz=pla&searchText=rc+boat+ship&product_id=60222368004&language=en&src=sem_ggl&field=UG&from=sem_ggl&cmpgn=18664244760&adgrp=&fditm=&tgt=&locintrst=&l
- Alienpowersystem.* (25 de 11 de 2018). Obtenido de <https://alienpowersystem.com/shop/brushless-motors/63mm/aps-6384-outrunner-brushless-motor-100kv-4000w/>
- AluStock. (25 de 07 de 2017). *Aleaciones de aluminio - Información técnica del Aluminio*. Obtenido de <https://www.alu-stock.es/es/informacion-tecnica/aleaciones/>
- Anema.es. (06 de 01 de 2019). *Aleación de Aluminio AW*. Obtenido de <https://www.lanema.es/es/aluminios-tecnicos/perfiles/aw-6063-1/>
- AT, D. (02 de 10 de 2020). *Alpha Technologies*. Obtenido de <https://www.alphaside.com/index.php/alphatechnologies/drone/>
- carreras, M. d. (15 de 01 de 2020). *Mi drone de carreras*. Obtenido de <https://www.midronedecarreras.com/dron/tipos-de-drones/>
- Costa, I. F. (2019). *DISEÑO Y RESTYLING DE UN PROTOTIPO ULTRALIGERO*. Valencia.
- Dongyingyoujia. (19 de 05 de 2022). Obtenido de <https://dongyingyoujia.en.made-in-china.com/product/CZTfKHDxZhpy/China-Tattu-22000mAh-14s-PRO-25c-51-8V-Smart-Lipo-Battery-Pack-for-Agriculture-Dronexinpinready-to-Ship.html>
- drone, E. v. (20 de 05 de 2019). *El vuelo del drone*. Obtenido de <https://elvuelodeldrone.com/drones-profesionales/drones-industriales/drone-de-ala-fija-delair-ux11/>
- Dronefromchina. (01 de 11 de 2017). Obtenido de <http://www.dronefromchina.com/new/Choose-Esc-for-motor.html>
- Dronemania.* (19 de 07 de 2019). Obtenido de <https://dronemania.es/guia-de-compra-definitiva-las-mejores-emisoras-y-receptores-para-drones-de-carreras/>
- Drones, C. (18 de 05 de 2018). *Drones*. Obtenido de <https://www.comprardrones.online/como-funcionan-las-helices-de-un-drone/>
- Elvuelodeldrone.* (20 de 02 de 2020). Obtenido de <https://elvuelodeldrone.com/blog-de-drones/uso-cuidado-baterias-para-drones/>
- Empresascarbone. (13 de 09 de 2016). Obtenido de <https://www.empresascarbone.com/nuestro-productos/>
- Empresascarbone. (15 de 01 de 2016). Obtenido de <https://www.empresascarbone.com/pdf/perfiles-aluminio-normalizados.pdf>
- Espaciadrone. (23 de 09 de 2016). Obtenido de <https://www.espaciadrone.com/blog/2013/07/17/tutorial-para-construir-gps-para-el-ar-drone-2-0/>
- Evtol. (25 de 02 de 2020). *Evtol.news*. Obtenido de <https://evtol.news/jetsonaerospeeder/>

Ferrovial. (23 de 09 de 2022). *Ferrovial*. Obtenido de <https://www.ferrovial.com/es/recursos/drones/>

Fronius. (10 de 12 de 2018). *Que es soldadura Tig*. Obtenido de <https://www.fronius.com/es-es/spain/tecnologia-de-soldadura/el-mundo-de-la-soldadura/soldadura-tig>

Gabrian. (12 de 03 de 2017). *Aluminio 6061*. Obtenido de <https://www.gabrian.com/es/aluminio-6061-conozca-sus-propiedades-y-usos/>

Gidahatari. (12 de 03 de 2018). Obtenido de <https://gidahatari.com/ih-es/introduccion-al-controlador-de-vuelo-de-drones-pixhawk-hardware-libre>

González, M. (26 de 01 de 2022). *Wondershare*. Obtenido de <https://filmora.wondershare.es/drones/best-hexacopter-drones.html>

Grupoelectrostore. (25 de 09 de 2018). Obtenido de <https://grupoelectrostore.com/shop/baterias/baterias-lipo/turnigy-baterias-lipo/bateria-lipo-4s-148v-3000mah-30-40c-turnigy/>

Guiadrones. (20 de 10 de 2018). Obtenido de <https://guiadrones.com/base-de-conocimiento/como-funcionan-los-motores-de-drones/>

HispaDrones. (03 de 06 de 2019). Obtenido de <https://www.hispadrones.com/principiantes/aprendizaje-consejos/partes-de-un-dron/>

hongfeidrone. (20 de 09 de 2018). Obtenido de https://es.hongfeidrone.com/?gclid=CjwKCAiAjPyfBhBMEiwAB2CCII87c4Ho0V7HXkktYBHa4dLnKY5d1rkBhtMaVEc18cblhmf_ZIOKbRoCSQIQAvD_BwE

Immaka. (26 de 05 de 2015). Obtenido de https://immaka.com.ec/tubos_aluminio/

Infochannel. (21 de 03 de 2021). *Plásticos de alto rendimiento para drones*. Obtenido de <https://infochannel.info/plasticos-de-alto-rendimiento-para-drones/>

Insights, A. (11 de 12 de 2018). *Aerial-insights*. Obtenido de <https://www.aerial-insights.co/blog/tipos-de-drones/>

Janssen, A. (Dirección). (2018). *The flying man* [Película].

Lomasfull. (20 de 01 de 2022). Obtenido de https://www.lomasfull.com/ver_producto.php?producto=3108

Luévano, I. S. (2016). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DRON DE BAJO*. Mexico DF: Pistas Educativas.

Madeinchina. (10 de 08 de 2019). Obtenido de https://es.made-in-china.com/co_ewattuav/product_Ewz-S8-Coaxial-Multi-Rotor-Commercial-Drone_rgrnneieg.html

Modeltronic. (29 de 07 de 2018). Obtenido de <https://www.modeltronic.es/emisora-radiomaster-tx16s-mkii-4in1-hall-4-en-1-version-tactil-16ch-24g-sistema-opentx-multiprotocolo-para-excavadoras-aviones-drones-robotica-ba-p-23102.html>

Multicoptero. (03 de 12 de 2018). Obtenido de <https://www.multicoptero.com/es/tienda-online/baterias/baterias-6s/gensace-tattu-22000mah-22-2v-25-50c-6s1p-bateria-lipo/>

Novodrone. (21 de 03 de 2021). *Novodrone*. Obtenido de <https://novodrone.com/tipos-de-drones/>

Ocompra. (20 de 11 de 2016). Obtenido de <https://www.ocompra.com/mexico/item/promo-x-2-asientos-tipo-cubo-tubular-arenero-rzr-buggy-634683262/>

Pedro. (31 de 05 de 2018). *DRONES DE FIBRA DE CARBONO*. Obtenido de <https://www.fibradecarbono.es/articulos/drones-de-fibra-de-carbono-para-huracanes/>

Prometec. (14 de 02 de 2019). Obtenido de <https://www.prometec.net/elegir-fc-para-dron/>

Puentesdigital. (2 de 02 de 2017). Obtenido de <https://puentesdigitales.com/2017/02/02/que-es-un-dron/>

Radiocontrolers. (12 de 03 de 2019). Obtenido de <https://radiocontrolers.com/coches-rc-brushless-brushed-motor-electrico-elijo/>

radiocontrolmx. (18 de 09 de 2018). *radiocontrolmx*. Obtenido de <https://www.radiocontrolmx.com/helices-para-drones>

Reuters. (21 de 09 de 2021). Obtenido de <https://www.reuters.com/world/buckle-up-cambodian-students-build-manned-drone-aid-community-2021-09-21/>

Sensenich. (29 de 06 de 2017). Obtenido de <https://www.sensenich.com/shop/aircraft/w54sk/>

Talos Electronics. (10 de 06 de 2018). Obtenido de <https://www.taloselectronics.com/products/chasis-de-fibra-de-carbono-para-drone-de-carreras-250-fpv>

Teknika. (20 de 06 de 2016). Obtenido de <https://www.teknika4.com/es/aluminio-6063>

Telwin. (08 de 11 de 2017). Obtenido de <https://www.telwin.com/es/telwin-academy/saldatura/tig-welding/>

Thehumandroneproject. (26 de 08 de 2019). Obtenido de <https://www.thehumandroneproject.com/about>

Tmotor. (20 de 03 de 2018). Obtenido de <https://store.tmotor.com/goods.php?id=1109>

Tmotor. (16 de 10 de 2019). Obtenido de <https://store.tmotor.com/goods-885-V32%2A128.html>

Torchiani, G. (14 de 10 de 2022). *Innovacion digital 360*. Obtenido de <https://www.innovaciondigital360.com/i-a/que-son-los-drones-como-funcionan-y-que-drones-elegir/>

Turnigy. (14 de 12 de 2017). Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/Turnigy-Lipo-capacidad-20000mAh-multi-rotador/dp/B07M9BFBJC>

Uavdrone. (25 de 06 de 2019). Obtenido de <https://uavdrone.es/esc-variadores/>

Vistronica. (25 de 06 de 2019). *Chasis Para Drone Fibra de Vidrio*. Obtenido de <https://www.vistronica.com/aerodelismo/chasis-para-drone-fibra-de-vidrio-qav280-detail.html>

Xataka. (29 de 12 de 2016). *Xataka*. Obtenido de <https://www.xataka.com/drones/este-dron-de-tres-helices-de-xiaomi-nos-adelanta-una-potente-camara-de-accion-4k-a-60-imagenes-por-segundo>

Anexos

Anexo 1:

Tipos de tubos de aluminio

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)

Estado	Características a la tracción					Dureza Brinell (HB)
	Carga de rotura Rm. N/mm ²	Límite elástico Rp 0,2, N/mm ²	Alargamiento A 5,65%	Límite a la fatiga N/mm ²	Resistencia a la cizalladura τ N/mm ²	
0	100	50	27	110	70	25
T1	150	90	26	150	95	45
T4	160	90	21	150	110	50
T5	215	175	14	150	135	60
T6	245	210	14	150	150	75
T8	260	240			155	80

Nota: Tomado de (Teknika, 2016)

Anexo 2: Tipos de tubos de aluminio

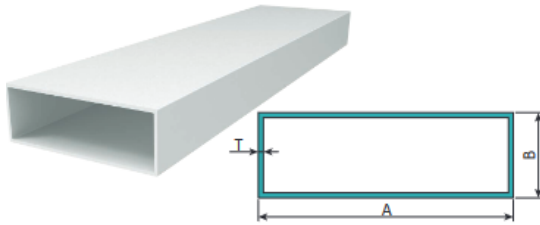
Denominación	Características físicas			
Ø int / Ø ext	Ø ext.	Espesor	Sección	Peso
	(mm)	(mm)	(mm ²)	(g/m)
40/36	40	2	239	645
40/34		3	349	942
40/32		4	452	1.221
40/30		5	550	1.484
40/28		6	641	1.730
45/40	45	3	334	901
50/44	50	3	443	1.196
50/42		4	578	1.561
50/40		5	707	1.909
50/38		6	829	2.239
50/34		8	1.056	2.850
50/30		10	1.257	3.393
60/50	60	5	864	2.333

Nota: Tomado de (Immaka, 2015)

Anexo 3:

Perfiles rectangulares

Perfiles de aluminio rectangulares



Código	Descripción	Espesor (t)(mm)	Ancho (A)(mm)	Alto (b)(mm)	Material	Kg/M	Peso(Kg)
U102	Tubo rectangular	1.4	44.5	25.4	6063 - T5	0.51	3.27
U104	Tubo rectangular	1.6	50.8	25.4	6063 - T5	0.64	4.10
U106	Tubo rectangular	1.5	76.2	25.4	6063 - T5	0.81	5.15
U107	Tubo rectangular	1.5	76.2	44.5	6063 - T5	0.96	6.15
U109	Tubo rectangular	1.5	101.6	44.5	6063 - T5	1.17	7.48
U129	Tubo rectangular	1.0	30	15	6063 - T5	0.23	1.50
U139	Tubo rectangular	2	101.6	44.5	6063 - T5	1.55	9.92
U142	Tubo rectangular	3	150	50	6063 - T5	3.17	20.26

Acabados disponibles:



*Consultar disponibilidad de diferentes acabados.

LONGITUD 5.85 MTS



Nota: Tomado de (Empresascarbone, 2016)

Anexo 4: Características de electrodos para soldadura Tig

Diámetro	2.4mm
Resistencia a la tracción	14000 – 29000 PSI
Posiciones para soldar	Horizontal Plano Vertical Sobre cabeza
Amperaje	120 – 150 A

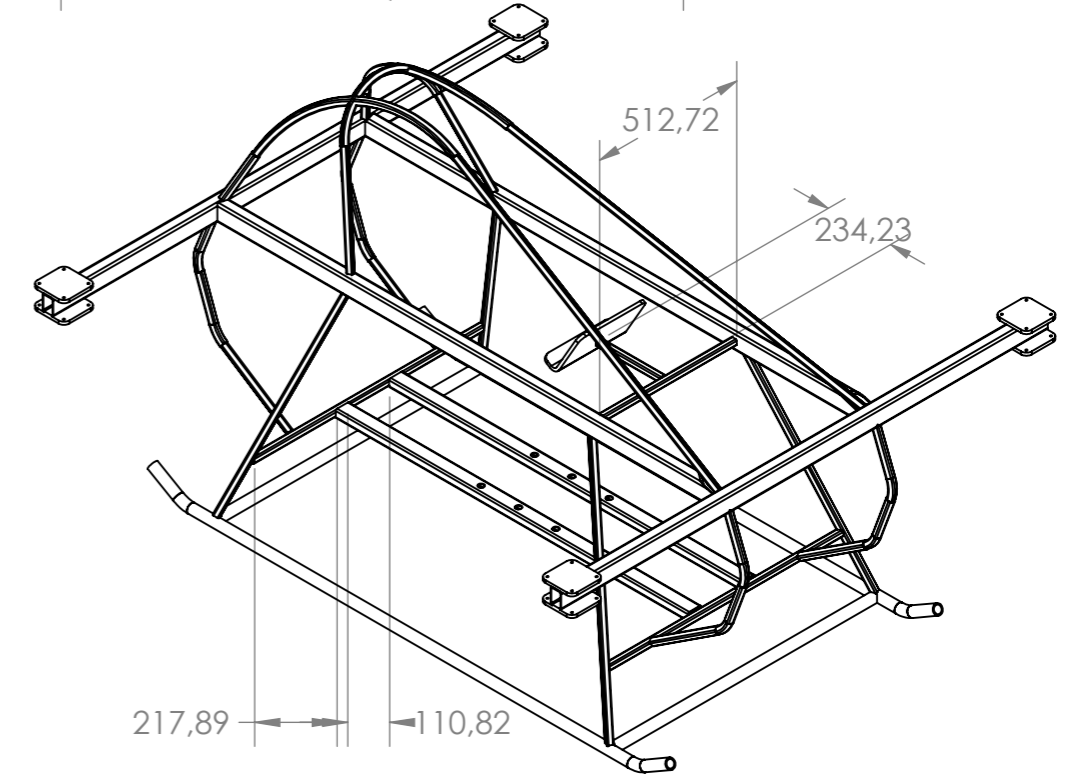
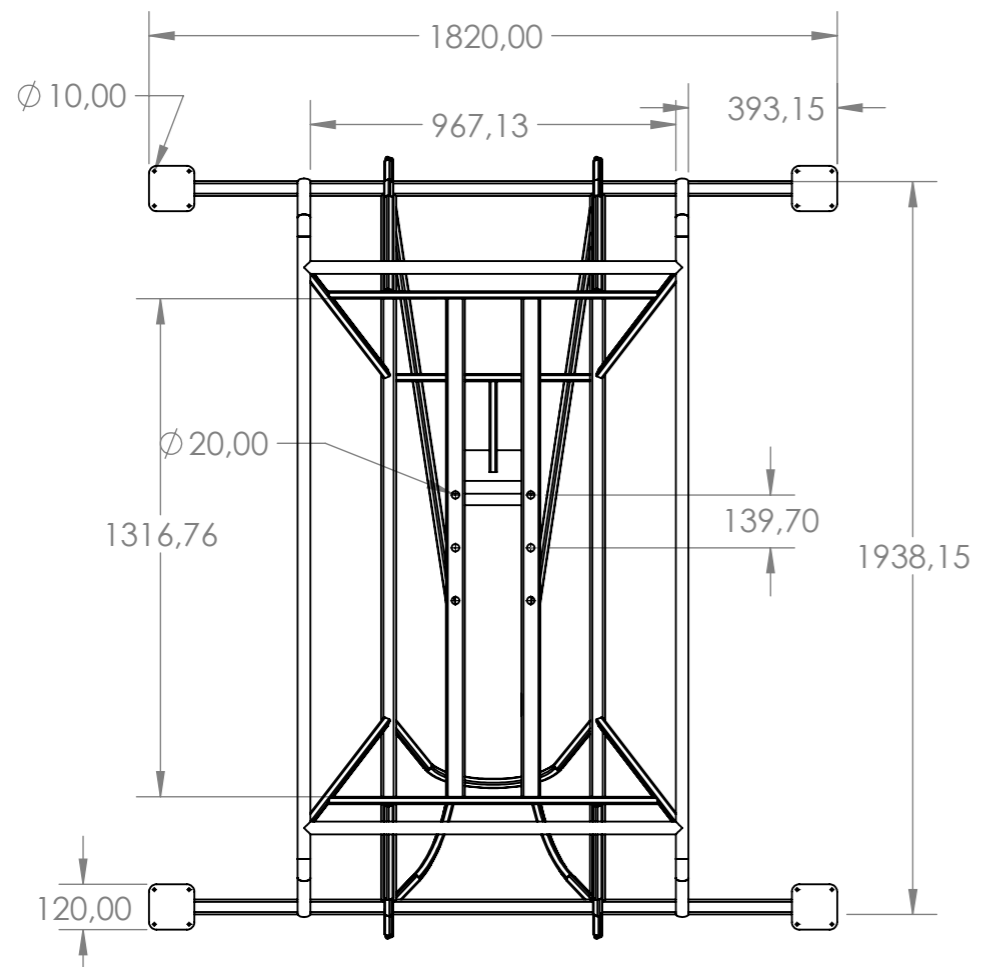
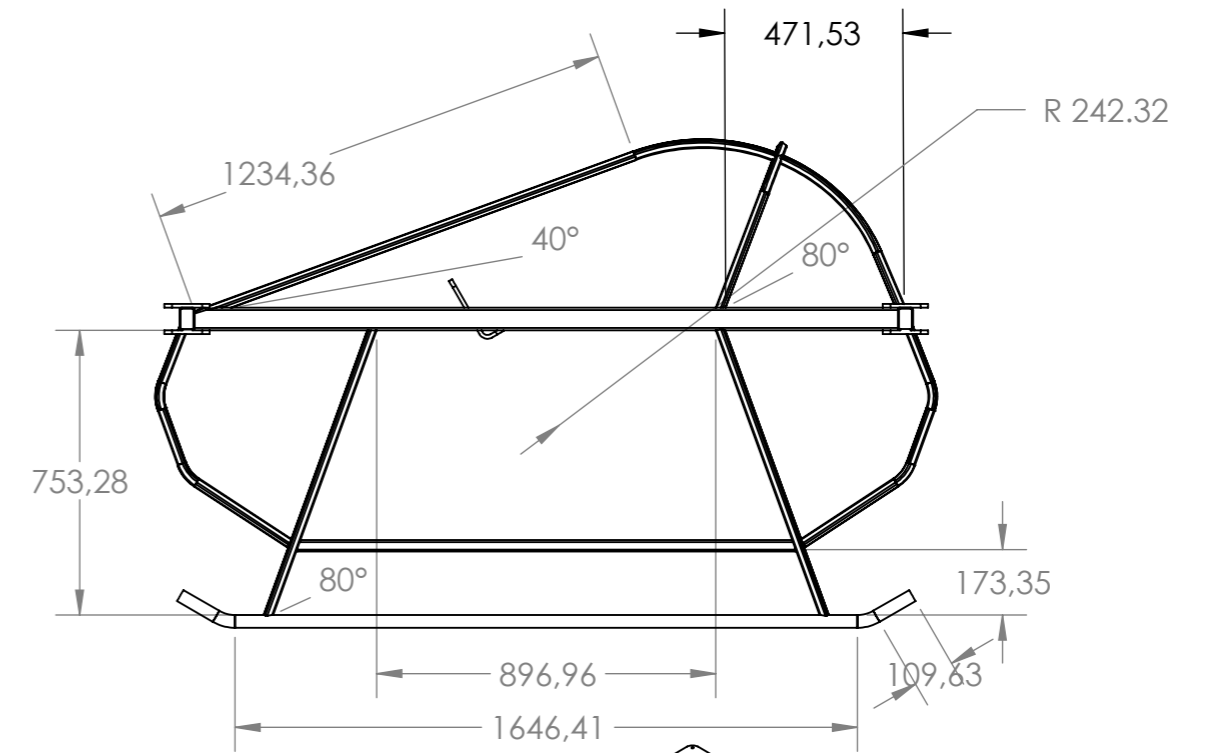
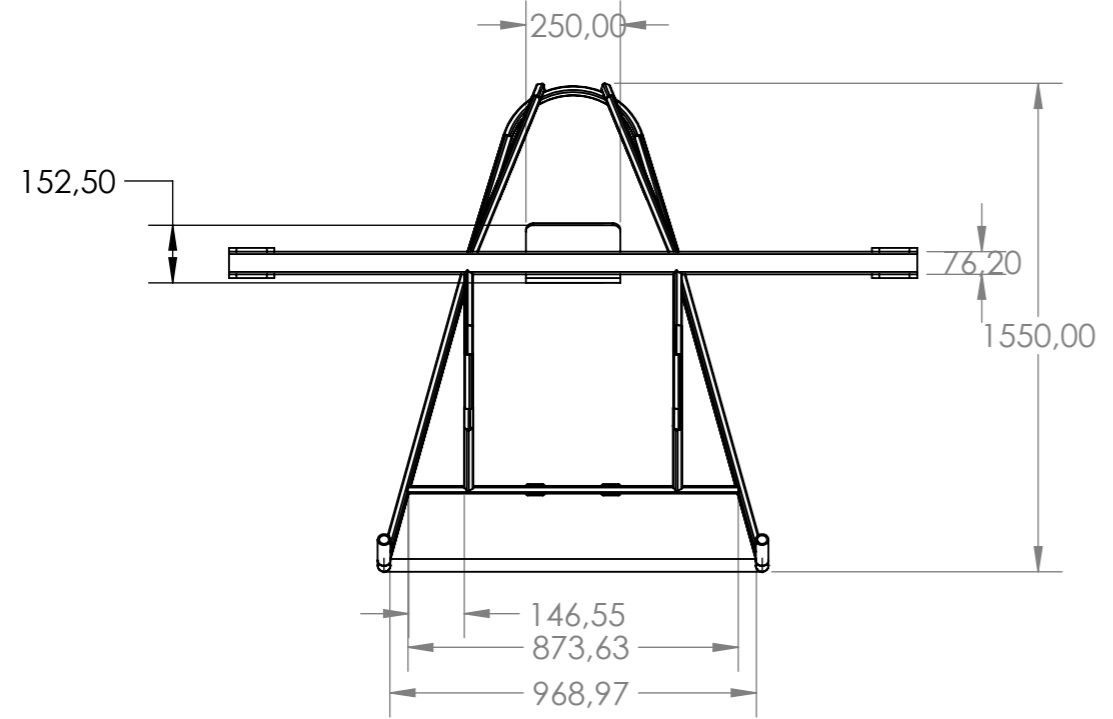
Nota: Tomado de (Telwin, 2017)

Anexo 5:

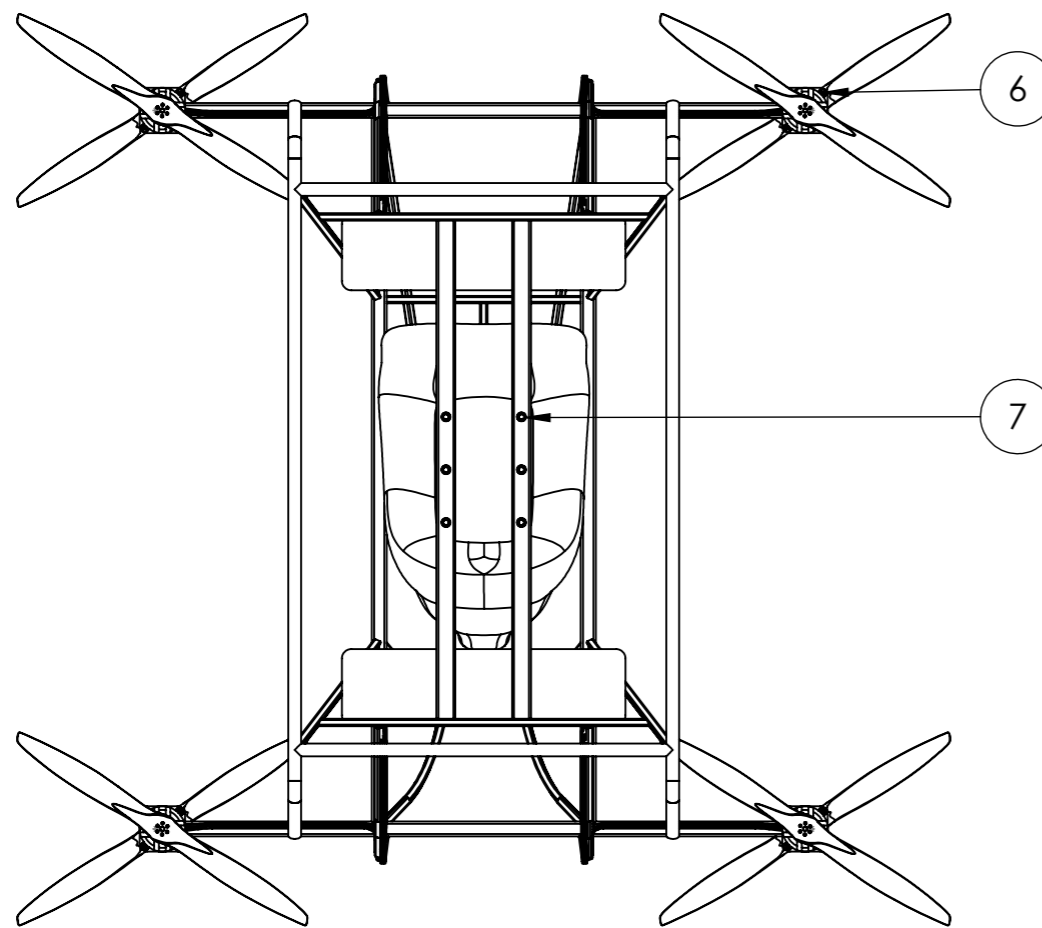
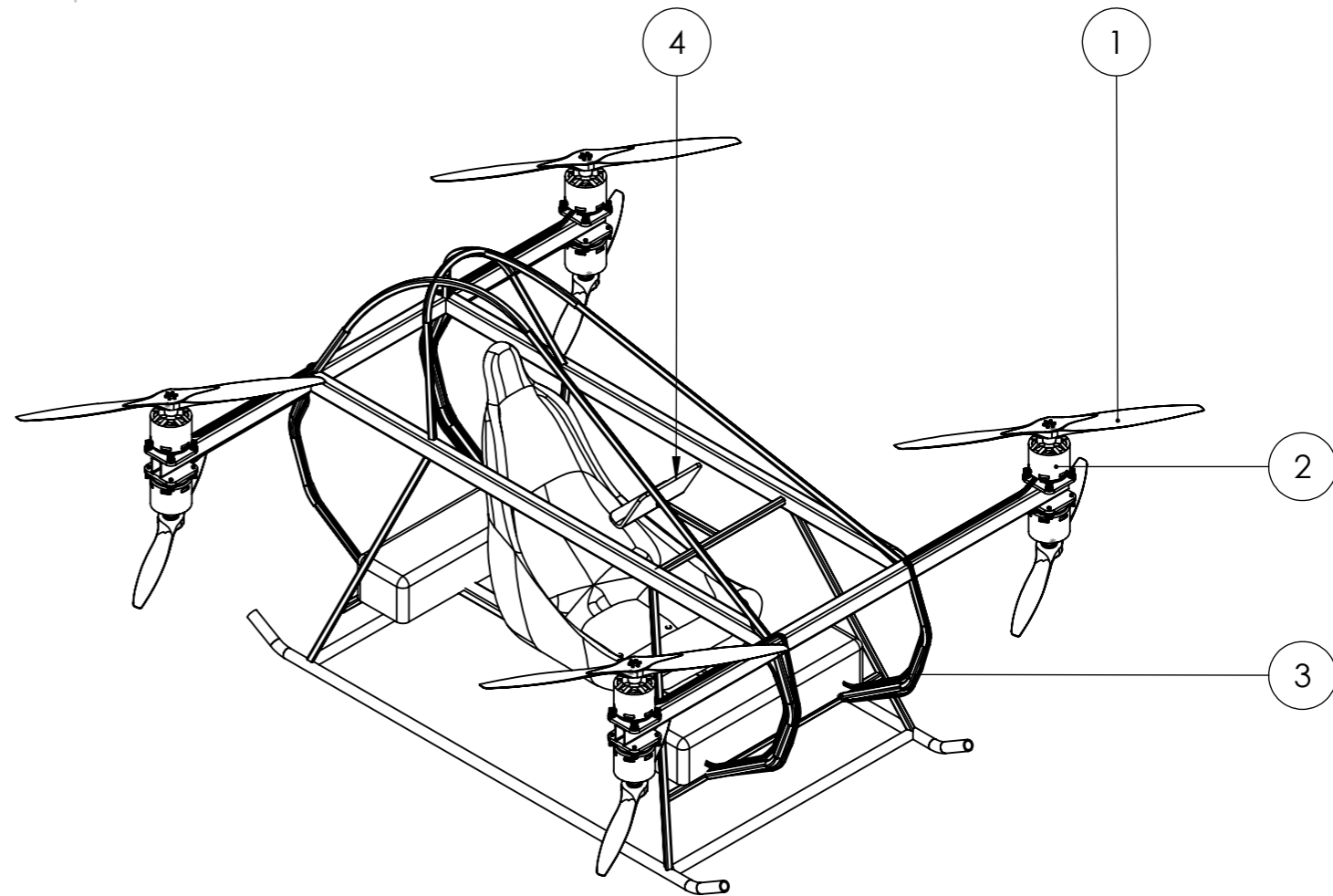
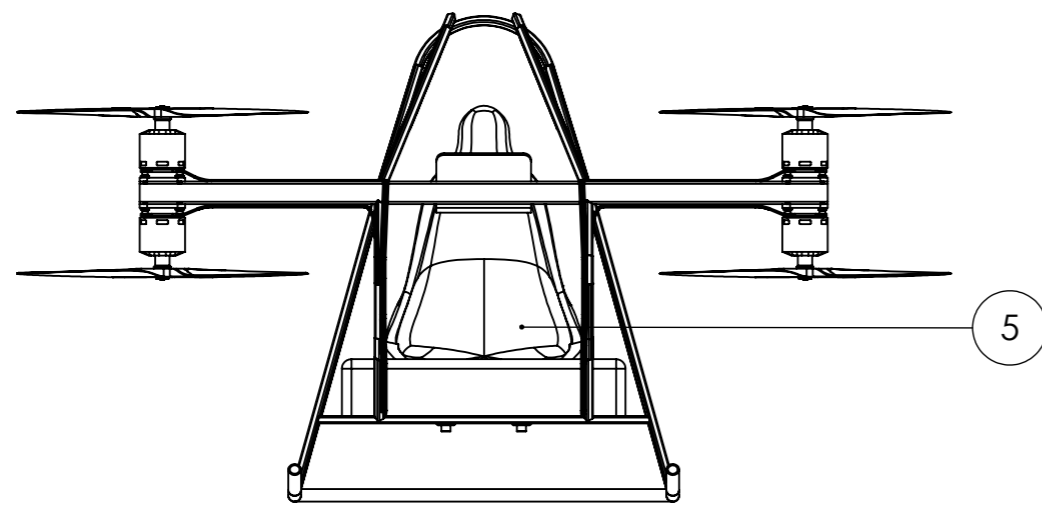
Características de electrodos para soldadura Tig

Equipo	Factor de seguridad - FOS -
Componentes de aeronaves	1.5 - 2.5
Calderas	3.5 - 6
Pernos	8.5
Ruedas de hierro fundido	20
Componentes del motor	6 - 8
Eje de alta resistencia	10 - 12
Equipos de elevación - ganchos	8 - 9
Recipientes a presión	3,5 - 6 (es de diseño)
Componentes de la turbina - estáticos	6 - 8
Componentes de la turbina - giratorios	2 - 3

Anexo 6: Planos



UNIVERSIDAD POLIETENIA SALESIANA		Ingenieria Mecatronica		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ. MIKE AGUIRRE N.</td> <td></td> <td>14/03/23</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DIBUJ. DIEGO JIMENEZ O.</td> <td></td> <td>14/03/23</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF. ING. JOHN CALLE S.</td> <td></td> <td>14/03/23</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA		DIBUJ. MIKE AGUIRRE N.		14/03/23		DIBUJ. DIEGO JIMENEZ O.		14/03/23		VERIF. ING. JOHN CALLE S.		14/03/23		TÍTULO: Dimensionamiento estructura		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																				
DIBUJ. MIKE AGUIRRE N.		14/03/23																				
DIBUJ. DIEGO JIMENEZ O.		14/03/23																				
VERIF. ING. JOHN CALLE S.		14/03/23																				
MATERIAL: Aluminio6063 T5-T6				N.º DE DIBUJO		A3																
PESO:				ESCALA:1:20		HOJA 2 DE 2																



7	6	Tornillos			
6	32	Tornillo Hexagonales			
5	1	Asiento buggy		Polimero	
4	1	Controlador de vuelo	DJI		
3	24	Cable AGW	10		
2	8	Motor brushless	50 kv	Acero	
1	8	Helices	V32*12.8	Fibra de carbono	
Pos.	Cant.	Denominacion	Norma	Material	Denomi en bruto

Universidad Politecnica Salesiana		Ingenieria Mecatronica		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:			
DIBUJ. Mike Aguirre N			Drone tripulado			
DIBUJ. Diego Jimenez O			N.º DE DIBUJO			
APROB. Ing. Jhon Calle S.			A3			
MATERIAL:			ESCALA:1:20		HOJA 1 DE 1	
Aluminio 6063						
PESO:						