



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION AVIONES**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE
UN DRONE MEDIANTE MATERIALES COMPUESTOS, PARA
INSTRUCCIÓN DE LA CARRERA DE MECÁNICA
AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE
TECNOLOGÍAS - ESPE, APLICANDO SOFTWARE CAD-CAE**

AUTOR: URBANO MUÑOZ STEVEN ALEJANDRO

DIRECTOR: TLGO. ESTEBAN PANTOJA

LATACUNGA

2018



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN DRONE MEDIANTE MATERIALES COMPUESTOS, PARA INSTRUCCIÓN DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE, APLICANDO SOFTWARE CAD-CAE”*** realizado por el señor **URBANO MUÑOZ STEVEN ALEJANDRO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **URBANO MUÑOZ STEVEN ALEJANDRO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Septiembre del 2018

Tlgo. Esteban Pantoja

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **URBANO MUÑOZ STEVEN ALEJANDRO** con cédula de identidad N° 1725391252 declaro que este trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN DRONE MEDIANTE MATERIALES COMPUESTOS, PARA INSTRUCCIÓN DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE, APLICANDO SOFTWARE CAD-CAE”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, Septiembre del 2018

URBANO MUÑOZ STEVEN ALEJANDRO

ID: L00362053



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **URBANO MUÑOZ STEVEN ALEJANDRO** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación ***“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN DRONE MEDIANTE MATERIALES COMPUESTOS, PARA INSTRUCCIÓN DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE, APLICANDO SOFTWARE CAD-CAE”*** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, Septiembre del 2018

URBANO MUÑOZ STEVEN ALEJANDRO

C.I.: 1725391252

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación, deseo dedicarle primeramente a Dios quien me dio las fuerzas para lograr todas mis metas y anhelos durante toda mi carrera. A mi tío Homero, por quien yo decidí alcanzar esta profesión pues con sus enseñanzas consejos y ocurrencias siempre me hizo sonreír y sobre todo me hizo creer que todo lo que quiera lo puedo conseguir y hoy que no está a mi lado pues quiero que sepa que logre completar una gran meta que el en algún momento la quiso alcanzar y aquí está todo por ti. A mi abuelito Amable, quien con todo su amor y ternura siempre me hizo sentir especial y querido, y quien nunca me cerro una puerta al contrario me apoyo a conseguir grandes cosas y aun que no estuvo físicamente a mi lado me abrió las puertas de su casa y me permitió poder alcanzar esta gran meta. A mi abuelita Maruja, quien fue la mujer q me acompañó día a día sin decaer y siempre estuvo con un beso y una sonrisa para que logro alcanzar esta magnífica meta.

URBANO MUÑOZ STEVEN ALEJANDRO

AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradezco a mis padres por ser mi apoyo incondicional en todas las decisiones que tome, y sé que siempre estarán ahí para protegerme y ayudarme.

A mis abuelitos, por siempre darme un consejo para poder seguir sin decaer y perder rumbo siempre tener claros mis objetivos y metas.

A mis tíos, por siempre estar al pendiente mío ayudándome a solucionar cualquier situación personal u académica sin importar la hora o el lugar.

Al Tlgo. Esteban Pantoja, director de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento para la correcta y eficaz realización de la misma.

Gracias a todos mis familiares y amigos que me ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

URBANO MUÑOZ STEVEN ALEJANDRO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii

CAPÍTULO I

TEMA

1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación e Importancia	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5 Alcance	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de las aeronaves no tripuladas	5
2.2 Terminologías y Acrónimos de las aeronaves no tripuladas	6
2.3 Pioneros de la fabricación de aeronaves no tripuladas	7
2.4 Tipos de drones u aviones no tripulados	8
2.5 Materiales compuestos	11
2.5.2 Tipos de materiales compuestos	12
2.5.3 Características de los materiales compuestos	13
2.5.4 Matrices usadas en materiales compuestos	14
2.5.5 Materiales de refuerzo o fibras	15
2.6 Ingeniería de un dron	17
2.7 Aplicaciones y usos de los drones	18

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares	19
3.2 Medidas de seguridad.....	19
3.3 Herramientas y equipos utilizados para el diseño y construcción de la estructura del dron	19
3.4 Análisis de diseño de la estructura del dron.....	20
3.5 Análisis estático de los brazos	20
3.5.1 Esfuerzo de cargas y sujeciones de los brazos	21
3.5.2 Análisis de tensiones de los brazos	22
3.5.3 Análisis deformaciones unitarias de los brazos	23
3.5.4 Análisis de factor seguridad de los brazos.....	24
3.5.5 Análisis estático base del dron/soporte central	25
3.5.5.1 Esfuerzos de cargas y sujeciones del soporte central	26
3.5.5.2 Análisis de tensiones soporte central.....	27
3.5.5.3 Análisis deformaciones unitarias soporte central	28
3.5.5.4 Análisis de factor seguridad soporte central	29
3.5.5.5 Diseño terminado	30
3.6 Construcción de la estructura del dron	31
3.7 Matrices utilizadas	35
3.8 Proceso de unión de refuerzos y vacío	36
3.9 Desfundado.....	39
3.5 Simbología en diagramas de flujo de análisis	42
3.6 Diagrama de flujo de análisis de tema	43
3.7 Presupuesto.....	44
3.7.1 Análisis de costos	44
3.7.1.1 Costos primarios	44
3.7.1.2 Costos secundarios	45
3.7.2 Costo total del proyecto de grado	45

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones	46
4.2 Recomendaciones	46
GLOSARIO	47
ABREVIATURA.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Total de costos primarios.....	44
Tabla 2 Total de costos secundarios	45
Tabla 3 Total costo del proyecto.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Avión automático Hewitt-Sperry.....	5
Figura 2 Aeronave misil no tripulada.....	7
Figura 3 Dron de ala fija.....	9
Figura 4 Dron multi rotor	10
Figura 5 Helicóptero radio controlado	11
Figura 6 Matrices o resinas poliéster, vinilester y epoxicas	14
Figura 7 Fibra de vidrio	15
Figura 8 Fibra de carbono.....	16
Figura 9 Fibra de kevlar	17
Figura 10 Dron buscador de minas.....	18
Figura 11 Simulación estática estructural de los brazos	21
Figura 12 Cargas y sujeciones de los brazos	22
Figura 13 Análisis de tensiones de los brazos	23
Figura 14 Análisis deformación unitaria de los brazos.....	24
Figura 15 Análisis factor seguridad.....	25
Figura 16 Simulación estática soporte central	26
Figura 17 Análisis cargas y sujeciones soporte central	27
Figura 18 Análisis tensiones soporte central	28
Figura 19 Análisis deformaciones unitarias soporte central.....	29
Figura 20 Análisis factor seguridad soporte central	30
Figura 21 Diseño estructura terminada.....	30
Figura 22 Corte fibra de carbono	31
Figura 23 Corte fibra de vidrio.....	32
Figura 24 Tela desmoldable	33
Figura 25 Tela absorbente	33

Figura 26 Plástico poroso	34
Figura 27 Funda de vacío	35
Figura 28 Resina epoxica	35
Figura 29 Equipos de protección	36
Figura 30 Empastado con resina	37
Figura 31 Adhesivo de alta temperatura	37
Figura 32 Enfundado de matrices	38
Figura 33 Proceso de vacío	38
Figura 34 Desfundado de la plancha	39
Figura 35 Corte de la plantilla	40
Figura 36 Plantillado con cinta adhesiva.....	40
Figura 37 Corte del refuerzo central	41
Figura 38 Corte del refuerzo central terminado	41
Figura 39 Símbolos en diagramas de flujo.....	42

RESUMEN

El presente proyecto de graduación detalla los procesos necesarios y específicos para el diseño y construcción de la estructura de un dron mediante materiales compuestos, para instrucción de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE, aplicando software CAD-CAE.

Primeramente, se define el tema, también se indican los objetivos para la obtención de los resultados deseados.

El marco teórico está enfocado sobre la información general e historia del desarrollo y avance tecnológico de los vehículos no tripulados, así como los materiales de construcción de los mismos. Especialmente detalla la información de los tipos de drones, aplicaciones y usos dentro de todos los campos de trabajo.

En el desarrollo del tema, se determinan todos los procesos realizados para el diseño de la estructura, como el análisis de esfuerzos en el software, previa su construcción basándonos en principios básicos y específicos de construcción por la modalidad de vacío, con materiales compuestos y todos sus procesos de empastado, vacío, secado y curado para lograr con éxito el cumplimiento de este trabajo.

Finalmente, con el aporte de la estructura del dron para la adaptación de varios componentes y funcionalidades dentro del campo aeronáutico no tripulado a la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE, la institución contara con un nuevo material de enseñanza aprendizaje, para incrementar los conocimientos de docentes y estudiantes en el mundo de la aviación.

PALABRAS CLAVES:

- DRONE
- VEHICULO AEREO NO TRIPULADO
- MATRICES
- REFUERZOS
- SOFTWARE

ABSTRACT

The present graduation project details the necessary and specific processes for the design and construction of a drone structure using composite materials, for instruction in the Aeronautical Mechanical Career of the Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE, applying CAD-CAE software.

First of all, the theme of the project is defined, and the objectives for obtaining the desired results have been indicated.

The theoretical framework, is focused on the general information and the development of the technological advance of unmanned vehicles, as well as their construction materials. Especially it details the information of the types of drones, applications and uses within all the fields of work.

For the development of this topic, all the processes for the design of the structure as the analysis of efforts in the software were carried out, previous its construction based on basic principles and specific construction, through the modality of vacuum with composite materials and all its processes of pasting, vacuum, drying and curing to fulfill this work successfully.

Finally, with the contribution of the drone structure for the adaptation of various components and functionalities within the unmanned aeronautical field to Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE, the institution will have a new teaching learning material, in order to increase the knowledge of teachers and students.

KEYWORDS:

- Drone
- Unmanned Aerial Vehicle
- Supporters
- Reinforcements
- Software

Checked by: **Lic. Yolanda Santos**
DOCENTE UGT

CAPÍTULO I

TEMA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN DRONE MEDIANTE MATERIALES COMPUESTOS, PARA INSTRUCCIÓN DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE, APLICANDO SOFTWARE CAD-CAE”

1.1 Antecedentes

El 13 de enero de 2014, el Honorable Consejo Universitario Provisional de la Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE, aprueba la creación de la Unidad de Gestión de Tecnologías–UGT, consolidando así la integración del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico–ITSA a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Cabe mencionar que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico–ITSA, una Institución de Educación Superior, fue creada el 08 de Noviembre de 1999 y reconocido por el CONESUP el 22 de Septiembre del año 2000, desde aquel momento el Instituto brindó sus servicios educativos superiores a la juventud del país con carreras innovadoras únicas, ofreciendo nuevos campos laborales en la industria aeronáutica y en la industria en general.

La Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE por medio del Departamento de Ciencias Espaciales oferta la Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Aviones, carrera que se cumple durante seis periodos académicos, periodos en los cuales los estudiantes se forman con principios generales y específicos sobre aviación. Los cuales son impartidos en laboratorios y talleres específicos sobre los sistemas que contienen las aeronaves.

La Carrera de Mecánica Aeronáutica adaptándose a la innovación y desarrollo del campo aeronáutico no tripulado cuenta con un laboratorio de aeromodelismo y un taller de materiales compuestos para su fabricación y la adaptación de estructuras bajo el análisis de sistemas computarizados han hecho que sea la única carrera aeronáutica reconocida a nivel nacional y regida por el mayor órgano regular de aviación civil del Ecuador.

A partir de julio del 2014 Unidad de Gestión de Tecnologías tiene el privilegio de ser la única escuela técnicos de mantenimiento aeronáuticos en el país, certificado por la Dirección General de Aviación Civil bajo la parte 147 de la RDAC permiso destinado al perfeccionamiento de habilidades y destrezas de los estudiantes en este ámbito.

1.2 Planteamiento del problema

En la Unidad De Gestión de Tecnologías – ESPE, se ha determinado un gran déficit de conocimientos sobre estructuras de Drones, debido a la inexistencia de estructuras físicas, planos digitales, u otro material de apoyo que permitan la adquisición de nuevos y mejores conocimientos dirigido tanto a los estudiantes como a los docentes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

La problemática se suscita desde el inicio de la Carrera de Mecánica Aeronáutica, puesto que no se ha tomado un énfasis específico en las estructuras y diseños de los drones, dejando a un lado este campo de la aviación muy importante en la actualidad, ya que constituye el futuro de la aviación en cuanto a vehículos aéreos no tripulados.

La carencia de estructuras de Drones ha conllevado a tener vacíos en ciertos aspectos de la aviación, ya que constituyen la evolución de la aviación tal y como hoy la conocemos, dejando a los estudiantes de Mecánica Aeronáutica vulnerables ante las nuevas tecnologías, que en un futuro podrían constituir perjuicios para su desarrollo en el campo laboral.

Por tal razón se requiere que la institución se sumerja en la nueva tecnología de la aeronave no tripulada, y de qué mejor manera, por la estructura que constituye la forma característica del drone, y experimenten como se lo puede constituir o que formas puede desarrollar a beneficio de mejorar los conocimientos de los estudiantes.

1.3 Justificación e Importancia

El presente proyecto se enfoca en analizar los diferentes comportamientos de la aeronave no tripulada en vuelo, así también conocer su forma estructural, límites de cargas, y autonomía. Este proyecto tendrá un gran impacto dentro de la Carrera de Mecánica Aeronáutica ya que contará con un material didáctico de mucha relevancia para instrucción de Mecánicos Aeronáuticos.

Con el diseño de una estructura se podrá alcanzar nuevos conocimientos tanto teóricos como prácticos, que ayudarán a desarrollar mejores destrezas dentro del campo de la aeronáutica, además se contara con materiales y softwares nuevos y novedosos que serán de mucha ayuda para próximos proyectos relacionados con la construcción de estructuras y a futuro un drone operativo y funcional.

Los principales beneficiarios de este proyecto serán los docentes, alumnos, y en si la institución que contarán con una estructura de drone adaptable para los diferentes proyectos que se quieran implementar, a este además se brindara una facilidad de manipulación a quien lo requiera no simplemente con la estructura física, además se contara con planos físicos y magnéticos.

El proyecto se lo llevara a cabo por su factibilidad dentro de la institución, pues se cuenta con docentes altamente calificados, y con los conocimientos requeridos para el diseño, análisis, y elaboración de la estructura del drone, además se cuenta con el total apoyo de autoridades que dan viabilidad al proyecto, quienes nos brindan las facilidades para la utilización de las instalaciones de la Universidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar y construir la estructura de un Drone mediante materiales compuestos, para instrucción de la carrera de mecánica aeronáutica de la unidad de gestión de tecnologías - ESPE, aplicando software CAD- CAE.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Conceptualizar la estructura del Dron mediante una investigación documental
- Analizar los tipos de materiales compuestos apropiados para el diseño de la estructura del Dron
- Estructurar los planos usando software CAD- CAE
- Ejecutar simulaciones de la estructura del Dron
- Desarrollar la estructura del Dron con materiales compuestos

1.5 Alcance

El proyecto de diseño de la estructura de un dron será dirigido a los docentes y alumnos de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad De Gestión De Tecnologías – ESPE, enfocado a mejorar los conocimientos teórico – práctico sobre estructuras de drones, y sus posibles aplicaciones tanto en el laboral como en lo cotidiano.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de las aeronaves no tripuladas

La aviación no tripulada tuvo sus comienzos en los modelos construidos y volados por inventores como Cayley, Stringfellow, Du Temple y otros pioneros de la aviación, que fueron previos a sus propios intentos de desarrollar aeronaves tripuladas a lo largo de la primera mitad del siglo XIX. Estos modelos sirvieron como bancos de pruebas tecnológicos para el posterior desarrollo de modelos de mayor tamaño con piloto a bordo y, en este sentido, fueron los precursores de la aviación tripulada.

En la acepción más amplia del término, la aviación no tripulada abarca un amplio espectro de aeronaves. La genealogía de las aeronaves no tripuladas esconde sus raíces en el desarrollo de los llamados torpedos aéreos, antecesores de los actuales misiles crucero, que posteriormente se desarrollaron a través de las ramas de las bombas guiadas (no propulsadas), los blancos aéreos llamados drones en la terminología anglosajona, los señuelos, los modelos recreacionales y/o deportivos de radio-control, las aeronaves de investigación, las aeronaves de reconocimiento, las de combate, e incluso algunos modelos más extraños de vuelo extra-atmosférico. (UAV Technology, 2016)

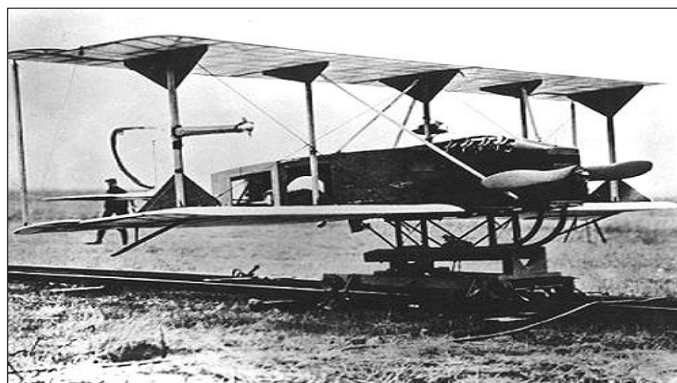


Figura 1 Avión automático Hewitt-Sperry

Fuente: (Delgado, 2018)

2.2 Terminologías y Acrónimos de las aeronaves no tripuladas

El término vehículo aéreo no tripulado Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) se hizo común en los años 90 para describir a las aeronaves robóticas y reemplazó el término vehículo Aéreo Pilotado Remotamente (RPV), el cual fue utilizado durante la guerra de vietnam y con posterioridad. El documento; Publicación conjunta 1-02, Diccionario del Departamento de Defensa, editado por el Ministerio de Defensa de los Estados unidos define UAV como:

Un vehículo aéreo motorizado que no lleva a bordo a un operador humano, utiliza las fuerzas aerodinámicas para generar la sustentación, puede volar autónomamente o ser tripulado de forma remota, que puede ser fungible o recuperable, y que puede transportar una carga de pago letal o no. No se consideran UAV a los misiles balísticos o semibalísticos, misiles crucero y proyectiles de artillería. (UAV Technology, 2016)

Además de los misiles citados y los proyectiles de artillería, la definición también excluye a los planeadores que no llevan planta propulsora, a los globos y dirigibles los cuales no utilizan la generación de sustentación mediante fuerzas aerodinámicas sino mediante fuerzas de flotabilidad y a los objetos arriestrados que carecen de control remoto u autónomo.

Los términos UAV y RPV no son más que dos entre cerca de la docena de nombres que han ido recibiendo las aeronaves robóticas no tripuladas a lo largo de su existencia. En el año 2011 la organización de Aviación civil Internacional, organismo especializado de naciones unidas para la aviación civil y del cual España forma parte al haber suscrito el Convenio de Chicago de 1944, publicó su Circular 328 en la cual por vez primera reconoce a las aeronaves no tripuladas como aeronaves, con todo lo que ello trae consigo, y de entre todas las posibles tipologías escoge a las que se pilotan de manera remota para ser consideradas como aptas para la aviación civil, y no otros tipos como podrían ser las autónomas. (UAV Technology, 2016)

Así se han acuñado los términos que a continuación se detallan, y que tienen hoy en día una validez y aplicación internacional y casi única en todos los ámbitos. Estos términos son:

- Aeronave Pilotada Remotamente (RPA): una aeronave en la que el piloto al mando no está a bordo.
- Sistema de Aeronave Pilotada Remotamente (RPAS): un conjunto de elementos configurables formado por un RPA, su estación de pilotaje remoto asociada (RPS) el sistema requerido de enlace de mando y control y cualquier otro elemento requerido en cualquier punto durante la operación del vuelo.
- UMA= Vehículo Pilotado Automáticamente
- UTA = Avión Táctico no Tripulado
- UCAV = Vehículo Aéreo de Combate no Tripulado
- ROA = Aeronave Operada Remotamente



Figura 2 Aeronave misil no tripulada

Fuente: (Delgado, 2018)

2.3 Pioneros de la fabricación de aeronaves no tripuladas

Los europeos fueron los primeros en desarrollar los principios de la aeronáutica y, al tratar de aplicarlos a aeronaves viables, volaron modelos no tripulados que podrían ser considerados los primeros vehículos aéreos no tripulados de la historia. Pioneros de la aviación en diversos países de todo el mundo siguieron una progresión común, de los planeadores a los aviones propulsados no tripulados, y de los vuelos no tripulados a los tripulados.

Su barrera tecnológica fue el no disponer de un motor con suficiente relación potencia-peso con el que sus diseños pudieran mantenerse en vuelo. Los ingenieros norteamericanos, preocupados con el diseño de mejores medios de transporte terrestre para la conquista de su continente, eran unos recién llegados a la aviación, pero el ingenio de los hermanos Wright y su mecánico, Charles Taylor, con motor de 12 caballos de potencia y 80 kg de peso, les proporcionaron los medios para ser los primeros en realizar un vuelo tripulado con un avión propulsado. Al igual que en los Estados Unidos, fue la Segunda Mundial la que estimuló el desarrollo y el uso en Europa de aviones blanco no tripulados y vehículos aéreos no tripulados de reconocimiento. (Pavia, 2017)

2.4 Tipos de drones u aviones no tripulados

2.4.1 Drones de ala fija

El dron de ala fija es el claro ganador en lo que a autonomía se refiere. Según esté equipado con motor eléctrico o de explosión, puede permanecer en el aire varias horas. Es la plataforma perfecta para trabajos que abarquen una gran extensión de terreno. Por otra parte, es el más eficiente aerodinámicamente hablando, ya que, con la configuración adecuada, puede permanecer bastante tiempo sin necesidad de utilizar el motor gracias al planeo. Por otra parte, el hecho de poder planear hace que sea una plataforma mucho más segura, ya que en un supuesto fallo de motor puede planear hasta llegar al punto de aterrizaje.

Sin embargo, el ala fija, está preparado para unos fines muy específicos, lo que le resta versatilidad a la hora de ser utilizado. Su principal desventaja es el tema del aterrizaje y el despegue. El no poder aterrizar y despegar verticalmente nos obliga a tener que acotar una extensión bastante grande de terreno (unos 60m), y que ésta sea plana y sin obstáculos. Por otra parte, un dron de ala fija no permite hacer un vuelo estacionario, lo que nos impide poder realizar un sinfín de operaciones. También posee una reducida capacidad de carga respecto a su tamaño. (Zima robotic, 2014)



Figura 3 Dron de ala fija

Fuente: (Allterra, 2016)

2.4.2 Drones de ala rotatoria

- **Drones multi rotores:** Los multi rotores son la herramienta más extendida actualmente y la que todos al pensar en drones tenemos en nuestra mente. Proporciona una gran versatilidad y eficacia en las operaciones por su simpleza a la hora de ser pilotados y por la velocidad de montaje. Es una plataforma estable por naturaleza, debido a que los motores se encuentran a la misma distancia del centro de gravedad de la aeronave. Según la cantidad de motores los clasificamos en tricópteros (3 motores), cuadricópteros (4 motores), hexacópteros (6 motores) y octocópteros (. Y según la configuración de los brazos los clasificamos en “Y” (i griega), “Y invertida” (i griega invertida), “X” (equis), “+” (cruz).
- **Helicópteros:** Los helicópteros son la herramienta más polivalente a la hora de realizar todo tipo de operaciones. Poseen una gran capacidad de carga de pago y autonomía. Esto es gracias a que sólo posee un motor y una hélice de gran tamaño. Si lo comparamos con un cuadricóptero, estamos reduciendo a $\frac{1}{4}$ el consumo de energía.

El helicóptero es mucho más eficiente aerodinámicamente que un multi rotor, ya que el helicóptero funciona a revoluciones fijas de motor gracias al paso variable de las hélices, mientras que el multi rotor varía las revoluciones del motor para mantenerse estable. Otra ventaja muy destacable es que, si lo dotamos de un motor de explosión, podemos permanecer en el aire alrededor de 1 hora, lo que es perfecto para operaciones como la fotogrametría.

Sin embargo, los helicópteros son bastante complejos a nivel mecánico, lo que nos obliga a tener que estar constantemente ajustándolo para que nos ofrezca un vuelo óptimo. También es bastante complicado a la hora de ser pilotado, y dominarlos suele llevar bastantes años de práctica.

Actualmente, el mercado nos ofrece soluciones al tema del control del helicóptero. Esta solución pasa por la controladora. Existen algunos tipos de controladoras específicas para helicópteros, lo que nos ofrecería un vuelo bastante semejante a un multi rotor. El inconveniente es que éstas suelen ser bastante caras y en ocasiones difíciles de configurar. (Zima robotic, 2014)

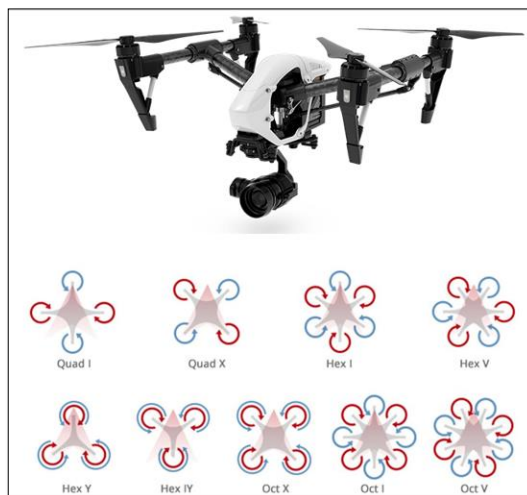


Figura 4 Dron multi rotor

Fuente: (Allterra, 2016)



Figura 5 Helicóptero radio controlado

Fuente: (Allterra, 2016)

2.5 Materiales compuestos

2.5.1 Generalidades del material compuesto

Por lo general los materiales compuestos son combinaciones de dos o más materiales a partir de una unión química o no química. Estos materiales que forman el compuesto poseen propiedades mejores que las que presentan los materiales componentes por si solos. Los componentes del material compuesto no deben disolverse ni fusionarse completamente entre ellos, es decir, los materiales deben poderse identificar por medios físicos, ya que son heterogéneos. El hecho de que los materiales compuestos sean heterogéneos muchas veces hace que también sean anisotrópicos (sus propiedades dependen de la orientación del material de refuerzo), por lo que hace que sus propiedades no serán las mismas en todo su volumen. (Naval composites, 2016).

2.5.2 Tipos de materiales compuestos

2.5.2.1 Materiales compuestos en función del tipo de matriz

- **Materiales compuestos de matriz metálica (MMC):** Estos materiales tienen una alta resistencia y muy bajo peso.
- **Materiales compuestos de matriz cerámica (CMC):** Mejores propiedades mecánicas que los materiales cerámicos tradicionales, como la resistencia y la tenacidad, especialmente en rangos de bajas temperaturas.
- **Materiales compuestos de matriz polimérica (PMC):** Son materiales con buenas propiedades mecánicas, resistentes a la corrosión y a los agentes químicos, y a causa de sus propiedades físicas, pueden ser moldeados con absoluta libertad de formas. (Naval composites, 2016)

2.5.2.2 Materiales compuestos en función de la forma que posea el refuerzo

- **Compuestos reforzados por partículas:** En la mayoría de los materiales compuestos la fase dispersa es más dura y resistente que la matriz y las partículas de refuerzo tienden a restringir el movimiento de la matriz en las proximidades de cada partícula. En esencia, la matriz transfiere parte del esfuerzo aplicado a las partículas, las cuales soportan una parte de la carga. Los compuestos reforzados con partículas, se subdividen en reforzados con partículas grandes y endurecidos por dispersión.
- **Compuestos reforzados por fibras:** Los materiales reforzados por fibras son los composites más importantes desde el punto de vista tecnológico. El objetivo es conseguir materiales con una elevada resistencia a la fatiga y rigidez, a bajas y altas temperaturas, y simultáneamente una baja densidad, por lo que se pretende conseguir una mejor relación resistencia-peso.

Esta relación se consigue empleando materiales ligeros tanto en la matriz como en las fibras, siempre que estas cumplan con las propiedades mecánicas que se quieren otorgar al composite. (Naval composites, 2016)

- **Compuestos estructurales:** Un material compuesto estructural está formado tanto por materiales compuestos como por materiales homogéneos y sus propiedades no sólo dependen de los materiales constituyentes sino de la geometría del diseño de los elementos estructurales. (Naval composites, 2016)

2.5.3 Características de los materiales compuestos

Las principales características de los materiales compuestos son:

- **Alta resistencia:** Los materiales compuestos tienen una alta resistencia en relación a su peso.
- **Baja densidad:** Los materiales compuestos proporcionan una buena resistencia por unidad de peso, no como en el caso de los metales, ya que su densidad es mayor.
- **Flexibilidad de formas:** Debido a que las fibras de refuerzo se pueden trabajar con mayor facilidad que otros materiales antes del proceso de curado de la matriz, se pueden realizar una gran variedad de formas y acabados.
- **Alta resistencia dieléctrica:** Los materiales compuestos son aislantes eléctricos.
- **Gran capacidad de consolidación de partes:** Los materiales compuestos permiten el ensamblaje de componentes, reduciendo así el número de elementos y por lo tanto, necesitando menor número de uniones.
- **Resistencia a la corrosión:** Esta propiedad viene determinada por el tipo de matriz que se utiliza. De esta manera se puede seleccionar matrices con resistencia a cualquier medio corrosivo.

- **Comportamiento a fatiga:** El comportamiento a la fatiga de los compuestos es bueno. Al ser materiales amorfos, es decir, no tienen una estructura ordenada, no sufren los mismos efectos de fatiga que los metales y su resistencia es mayor.
- **Reducción de costes de mantenimiento:** Al tener una buena resistencia a la fatiga y presentar muy buena resistencia a la corrosión se reducen las tareas de mantenimiento y costes de reparación. (Naval composites, 2016)

2.5.4 Matrices usadas en materiales compuestos

Las matrices se clasifican según el comportamiento térmico del polímero, tenemos:

- **Termoplásticos:** Son polímeros que al calentarse a determinadas temperaturas se convierten en fluidos, permitiendo su moldeabilidad en la forma deseada, que quedará preservada al enfriarse.
- **Elastómeros:** Son polímeros que poseen cadenas con mucha libertad de movimiento molecular (flexibilidad).
- **Termoestables:** Son polímeros que no pueden fluir por efecto de la temperatura para ser remodelados. Molecularmente hablando tienen una estructura entrecruzada y por lo tanto tienden a ser resinas de mucha rigidez, y al someterlos a temperatura elevada promueve la descomposición química del polímero. A temperatura ambiente son duros y frágiles. (Naval composites, 2016)



Figura 6 Matrices o resinas poliéster, vinilester y epoxicas

Fuente: (Naval Composites, 2016)

2.5.5 Materiales de refuerzo o fibras

2.5.5.1 Fibra de vidrio

La fibra de vidrio se refiere a un grupo de productos hechos de hebras extremadamente finas de vidrio tejidas (entrelazadas) en varias configuraciones o formas diferentes para formar una tela o malla dando lugar a un material flexible, muy resistente al calor, ligero, resistente a muchos productos químicos, buen aislante eléctrico y barato.

Para hacer la fibra de vidrio, los fabricantes usan vidrio líquido salido de un horno de fusión de vidrio, o funden canicas de vidrio. El vidrio fundido, a continuación, se fuerza a pasar a través de orificios superfinos creándose filamentos (hilos) de vidrio muy finos, tan finos que son medidos en micras (normalmente de 4 micras). Una vez fríos los hilos, se pueden entrelazar para formar la tela de fibra de vidrio o malla. La fibra de vidrio suele combinarse con resinas para mejorar el material final, dando lugar a un material compuesto extremadamente fuerte y duradero. (Carbo System, 2018)



Figura 7 Fibra de vidrio

Fuente: (Naval Composites, 2016)

2.5.5.2 Fibra de carbono

La Fibra de Carbono (FC) es un material formado por fibras de 50-10 micras de diámetro, compuesto principalmente de átomos de carbono. Los átomos de carbono están unidos entre sí en cristales que son más o menos alineados en paralelo al eje longitudinal de la fibra. La alineación de cristal da a la fibra de alta resistencia en función del volumen (lo hace fuerte para su tamaño). Varios miles de fibras de carbono están trenzados para formar un hilo, que puede ser utilizado por sí mismo o tejido en una tela.

Las propiedades de las fibras de carbono, tales como una alta flexibilidad, alta resistencia, bajo peso, tolerancia a altas temperaturas y baja expansión térmica, las hacen muy populares en la industria aeroespacial, ingeniería civil, aplicaciones militares, deportes de motor junto con muchos otros deportes. (Carbo System, 2018)



Figura 8 Fibra de carbono

Fuente: (Naval Composites, 2016)

2.5.5.3 Fibra de kevlar

El Kevlar es una poliamida sintetizada por Stephanie Kwolek, una química de la firma DuPont, en 1965. Sus fibras consisten en largas cadenas de poliparafenileno tereftalamida, molécula que soporta altas temperaturas con la que se puede construir equipos ligeros, resistentes 5 veces más fuerte que el acero- y a los que no les afecta la corrosión.

Las fibras Kevlar están basadas en poliparafenileno tereftalamida, molécula rígida que facilita lograr una configuración de cadena totalmente extendida (recta). Asimismo, la molécula de poliparafenileno tereftalamida tiene una excelente resistencia a las altas temperaturas y a las llamas. Al ofrecer resistencia al calor, Kevlar protege contra riesgos térmicos de hasta 800 grados F. (Carbo System, 2018)



Figura 9 Fibra de kevlar

Fuente: (Naval Composites, 2016)

2.6 Ingeniería de un dron

Los drones están hechos de materiales compuestos ligeros para reducir peso y aumentar la capacidad de maniobra. Además, la resistencia del material compuesto permite altitudes muy elevadas. Generalmente están equipados con Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), los del tipo militar con cámaras de infrarrojos de última generación, láser o misiles guiados y otros sistemas de alto secreto. Es por esto que un dron es robotizado en sí mismo y el sistema de control, que puede ser manejado desde tierra o vía satelital, de manera simple o con programas de precisión de vuelo. Los drones pueden volar a altitudes extremadamente altas para evitar la detección.

Los drones con estas características son fabricados en miles de dólares, ya que mayormente son utilizados en servicios militares, por la alta precisión con que se manejan. Con ellos se han llevado a cabo tareas importantes en prevención de ataques terroristas, localización de bombas y dispositivos peligrosos. (Saber mas, 2017)

2.7 Aplicaciones y usos de los drones

Los drones tienen buena acogida y autonomía en áreas muy diversas, ya que pueden moverse ágiles y rápidamente sobre un terreno irregular o de poco acceso y superar cualquier obstáculo sin dificultad ofreciendo imágenes a vista de águila y otro tipo de información recogida por diferentes sensores. Un sistema con múltiples robots es más robusto aún, debido a la redundancia que esto ofrece. Permite la cooperación en paralelo entre los drones, ayudándose unos a otros para, por ejemplo, cubrir grandes áreas en exteriores o crear redes de sensores móviles. (Saber mas, 2017)

Contar con un vehículo aéreo no tripulado puede ser útil en misiones de reconocimiento, para planear tácticas, observar instalaciones desde el aire o realizar tareas de escolta a un convoy militar y ser de gran utilidad para el desminado de campos o territorios vulnerables afectados por las guerras internas u internacionales.

Son en particular especialmente interesantes las tareas de vigilancia de fronteras y zonas de acceso restringido, con la posibilidad de establecer una patrulla constante en la zona a proteger y realizar una detección automática de las situaciones de riesgo, como las minas anti persona disparando una alarma de supervisión manual. (Saber mas, 2017)



Figura 10 Dron buscador de minas

Fuente: (Drone times, 2018)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

En el presente capítulo se detallan los procedimientos que se realizó para el diseño y construcción de la estructura de un dron con procesos y materiales compuestos, utilizando un software para el respectivo y necesario análisis de esfuerzos y cargas estructurales, también las medidas de precaución y seguridad necesarias para evitar daños materiales e incidentes personales. Se aplicó todo el conocimiento y entrenamiento adquirido en la Unidad de Gestión de Tecnologías y con la tutoría del Tlgo. Esteban Pantoja encargado de este proyecto para el correcto desenvolvimiento en este tipo de diseño y construcción del dron. Este proyecto de graduación es con la finalidad de proporcionar una estructura de un dron fabricado con materiales compuestos para la institución que sea de ayuda para el aprendizaje teórico y práctico de los docentes y estudiantes.

3.2 Medidas de seguridad

- Utilizar los equipos de protección personal adecuados para la construcción
- Identificar adecuadamente los materiales para el análisis estructural en el software

3.3 Herramientas y equipos utilizados para el diseño y construcción de la estructura del dron

- Software de análisis CAD-CAE
- Fibras o refuerzos de carbono, kevlar y vidrio
- Tela pelable
- Tela absorbente
- Plástico poroso o de infusión
- Plástico de alta temperatura o de vacío

- Válvula de vacío
- Manómetro en pulgadas de mercurio
- Resina epoxica
- Adhesivo de alta temperatura y adherencia
- Bomba de vacío
- Espátulas plásticas y de metal
- Tijeras de corte estilo naval
- Estilete de rodadura
- Planchas de metal galvanizado
- Cortadora eléctrica
- Alicata
- Pinza
- Playo
- Diagonal
- Estilete

3.4 Análisis de diseño de la estructura del dron

3.4.1 Procedimientos para el análisis de diseño

1. Identificar los materiales de construcción para el debido análisis de cargas y esfuerzos de la estructura.
2. Preparar los planos analizados para identificar daños o mejoras en el diseño previo a la construcción.
3. Diseñar la estructura de acuerdo a las características aplicables del dron.

3.5 Análisis estático de los brazos

1. Primeramente, en el software de análisis y simulación se debe determinar qué tipo de estudio le vamos a realizar a la estructura, en este caso se utilizó el análisis estático.
2. Después se define el material con el que vamos a trabajar para cada sólido, vaciado y viga.

3. Se define las restricciones en condición estructural acorde a lo que vamos a diseñar y a utilizar.
4. Se define las cargas externas depende de las condiciones en las cuales se va a encontrar la estructura expuesta o trabajando.
5. Seguidamente se utiliza el ensamblaje de los cuerpos, componentes y grupos de contacto para definir la simulación del comportamiento del cuerpo.
6. Se genera la malla de simulación acorde a lo mencionado y seleccionado en el software dando como resultado la estructura simulada.

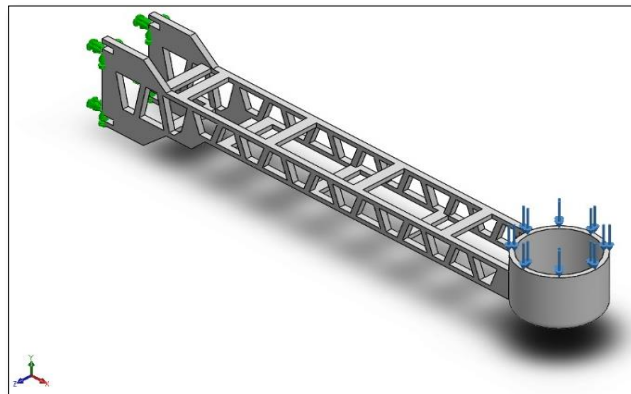


Figura 11 Simulación estática estructural de los brazos

7. Se evalúa las anomalías de flexibilidad para definir un factor de seguridad.
8. Terminada la simulación en el diseño básico se efectúa varias simulaciones dependiendo el esfuerzo analizar. **(ANEXO A)**

3.5.1 Esfuerzo de cargas y sujeciones de los brazos

1. Se define las restricciones en condición estructural acorde a lo que vamos a diseñar y a utilizar.
2. Se define las cargas externas depende de las condiciones en las cuales se va a encontrar la estructura expuesta o trabajando.

3. Seguidamente se utiliza el ensamblaje de los cuerpos, componentes y grupos de contacto para definir la simulación del comportamiento del cuerpo.
4. Se genera la malla de simulación acorde a lo mencionado y seleccionado en el software dando como resultado la estructura simulada. **(ANEXO B)**

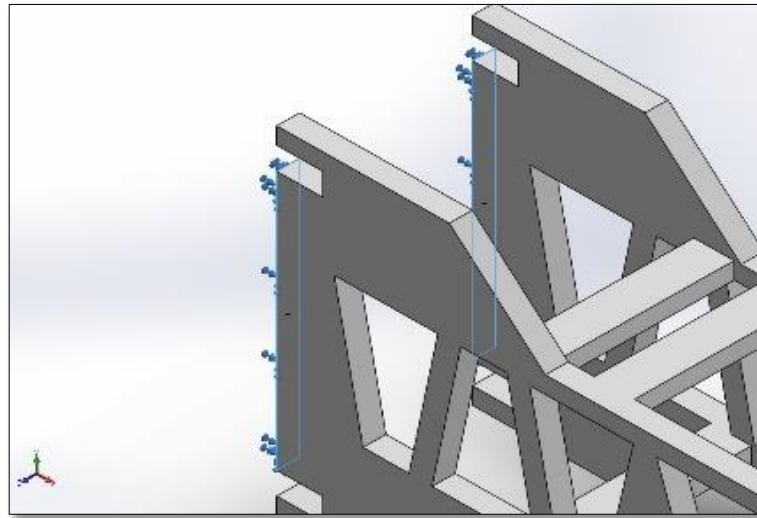


Figura 12 Cargas y sujeciones de los brazos

3.5.2 Análisis de tensiones de los brazos

1. Se define las restricciones en condición estructural acorde a lo que vamos a diseñar y a utilizar.
2. Se define las cargas externas depende de las condiciones en las cuales se va a encontrar la estructura expuesta o trabajando.
3. Seguidamente se utiliza el ensamblaje de los cuerpos, componentes y grupos de contacto para definir la simulación del comportamiento del cuerpo.
4. Adjuntamos análisis de simulación de tensiones para verificar donde se genera más este esfuerzo.
5. Se genera la malla de simulación acorde a lo mencionado y seleccionado en el software dando como resultado la estructura simulada.

6. La simulación resultante indica una gama de colores donde se especifica la generación de mayor tensión, siendo el color rojo uno de los atenuantes donde se presta atención para mejorar el diseño. **(ANEXO C)**

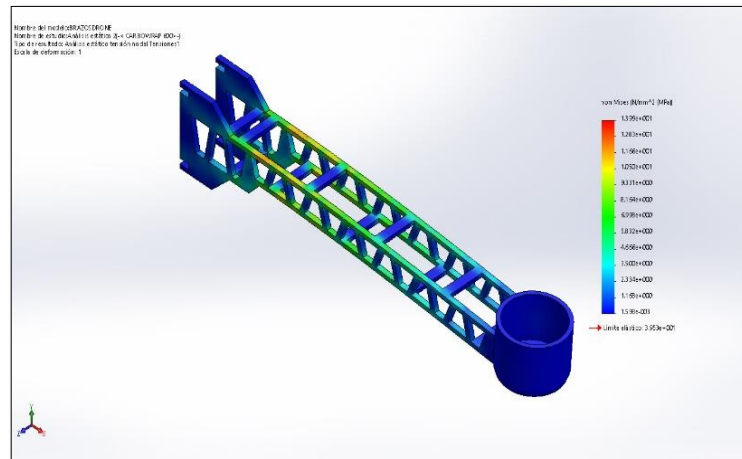


Figura 13 Análisis de tensiones de los brazos

3.5.3 Análisis deformaciones unitarias de los brazos

1. Se define las restricciones en condición estructural acorde a lo que vamos a diseñar y a utilizar.
2. Se define las cargas externas depende de las condiciones en las cuales se va a encontrar la estructura expuesta o trabajando.
3. Seguidamente se utiliza el ensamblaje de los cuerpos, componentes y grupos de contacto para definir la simulación del comportamiento del cuerpo.
4. Adjuntamos análisis de simulación deformaciones unitarias para verificar donde se genera más este esfuerzo.
5. Se genera la malla de simulación acorde a lo mencionado y seleccionado en el software dando como resultado la estructura simulada.
6. La simulación resultante indica una gama de colores donde se especifica la generación de mayor deformación unitaria, siendo el color rojo uno de los atenuantes donde se presta atención para mejorar el diseño. **(ANEXO D)**

7. La resultante indica señales de precaución a la fabricación en deformaciones unitarias con posibles rupturas de acuerdo a la simulación.

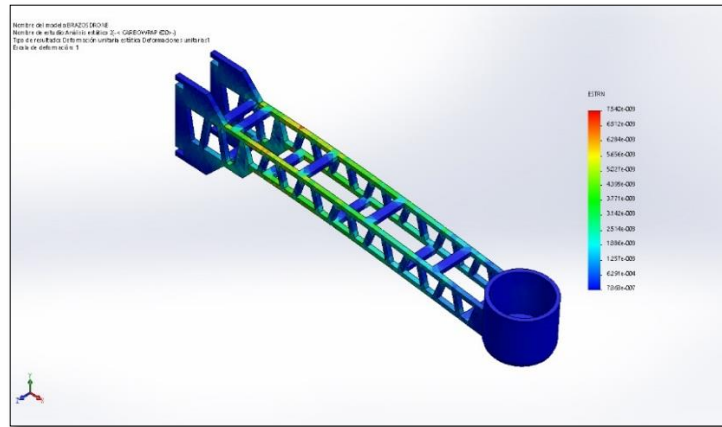


Figura 14 Análisis deformación unitaria de los brazos

3.5.4 Análisis de factor seguridad de los brazos

1. Se define las restricciones en condición estructural acorde a lo que vamos a diseñar y a utilizar.
2. Se define las cargas externas depende de las condiciones en las cuales se va a encontrar la estructura expuesta o trabajando.
3. Seguidamente se utiliza el ensamblaje de los cuerpos, componentes y grupos de contacto para definir la simulación del comportamiento del cuerpo.
4. Adjuntamos análisis de simulación de factor de seguridad para verificar donde se genera más este esfuerzo.
5. Se genera la malla de simulación acorde a lo mencionado y seleccionado en el software dando como resultado la estructura simulada.
6. La simulación resultante indica una gama de colores donde se especifica la generación de factor seguridad, siendo el color azul uno de los atenuantes donde se presta atención para mejorar el diseño.

(ANEXO E)

7. La resultante indica señales de precaución a la fabricación en factores de seguridad en las partes de sujeción con posibles rupturas de acuerdo a la simulación.

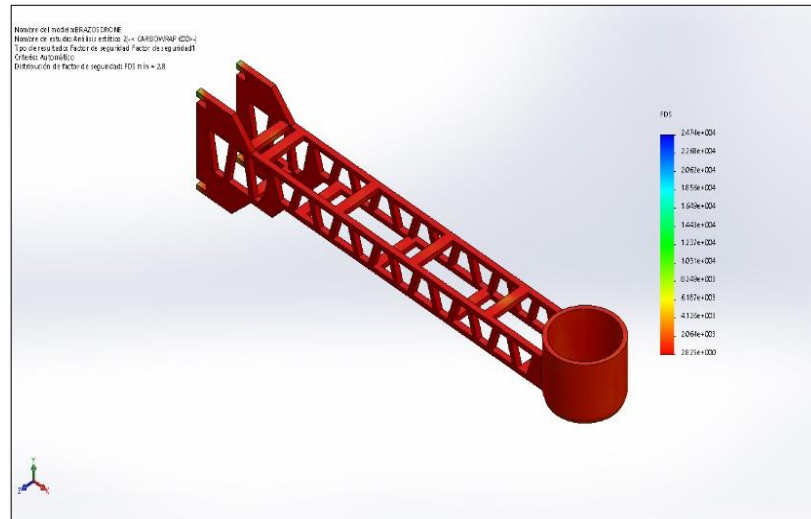


Figura 15 Análisis factor seguridad

3.5.5 Análisis estático base del dron/soporte central

1. Primeramente, en el software de análisis y simulación se debe determinar qué tipo de estudio le vamos a realizar a la estructura, en este caso se utilizó el análisis estático.
2. Después se define el material con el que vamos a trabajar para cada sólido, vaciado y viga.
3. Se define las restricciones en condición estructural acorde a lo que vamos a diseñar y a utilizar.
4. Se define las cargas externas depende de las condiciones en las cuales se va a encontrar la estructura expuesta o trabajando.
5. Seguidamente se utiliza el ensamblaje de los cuerpos, componentes y grupos de contacto para definir la simulación del comportamiento del cuerpo.
6. Se genera la malla de simulación acorde a lo mencionado y seleccionado en el software dando como resultado la estructura simulada.

7. Se evalúa las anomalías de flexibilidad para definir un factor de seguridad.
8. Terminada la simulación en el diseño básico se efectúa varias simulaciones dependiendo el esfuerzo analizar. **(ANEXO F)**

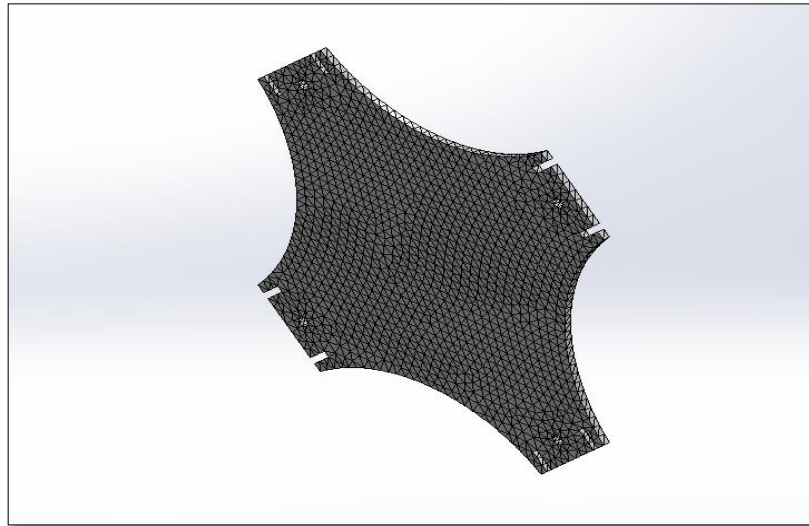


Figura 16 Simulación estática soporte central

3.5.5.1 Esfuerzos de cargas y sujeciones del soporte central

1. Se define las restricciones en condición estructural acorde a lo que vamos a diseñar y a utilizar.
2. Se define las cargas externas depende de las condiciones en las cuales se va a encontrar la estructura expuesta o trabajando.
3. Seguidamente se utiliza el ensamblaje de los cuerpos, componentes y grupos de contacto para definir la simulación del comportamiento del cuerpo.
4. Se genera la malla de simulación acorde a lo mencionado y seleccionado en el software dando como resultado la estructura simulada. **(ANEXO G)**

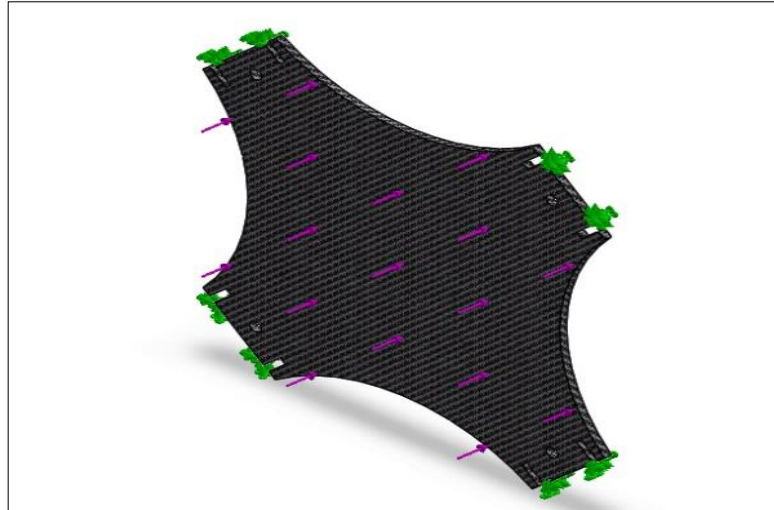


Figura 17 Análisis cargas y sujeciones soporte central

3.5.5.2 Análisis de tensiones soporte central

1. Se define las restricciones en condición estructural acorde a lo que vamos a diseñar y a utilizar.
2. Se define las cargas externas depende de las condiciones en las cuales se va a encontrar la estructura expuesta o trabajando.
3. Seguidamente se utiliza el ensamblaje de los cuerpos, componentes y grupos de contacto para definir la simulación del comportamiento del cuerpo.
4. Adjuntamos análisis de simulación de tensiones para verificar donde se genera más este esfuerzo.
5. Se genera la malla de simulación acorde a lo mencionado y seleccionado en el software dando como resultado la estructura simulada.
6. La simulación resultante indica una gama de colores donde se especifica la generación de mayor tensión, siendo el color rojo uno de los atenuantes donde se presta atención para mejorar el diseño.

(ANEXO H)

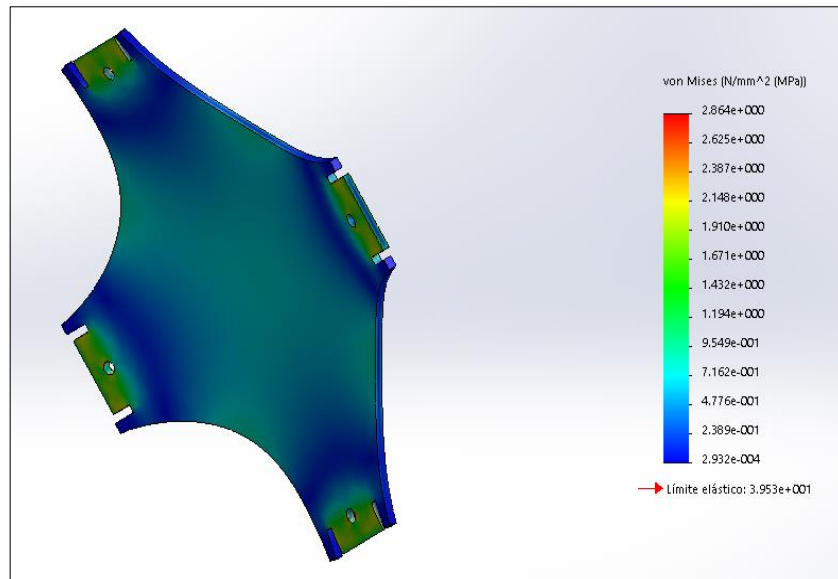


Figura 18 Análisis tensiones soporte central

3.5.5.3 Análisis deformaciones unitarias soporte central

1. Se define las restricciones en condición estructural acorde a lo que vamos a diseñar y a utilizar.
2. Se define las cargas externas depende de las condiciones en las cuales se va a encontrar la estructura expuesta o trabajando.
3. Seguidamente se utiliza el ensamblaje de los cuerpos, componentes y grupos de contacto para definir la simulación del comportamiento del cuerpo.
4. Adjuntamos análisis de simulación deformaciones unitarias para verificar donde se genera más este esfuerzo.
5. Se genera la malla de simulación acorde a lo mencionado y seleccionado en el software dando como resultado la estructura simulada.
6. La simulación resultante indica una gama de colores donde se especifica la generación de mayor deformación unitaria, siendo el color rojo uno de los atenuantes donde se presta atención para mejorar el diseño. **(ANEXO I)**

7. La resultante indica señales de precaución a la fabricación en deformaciones unitarias con posibles rupturas de acuerdo a la simulación.

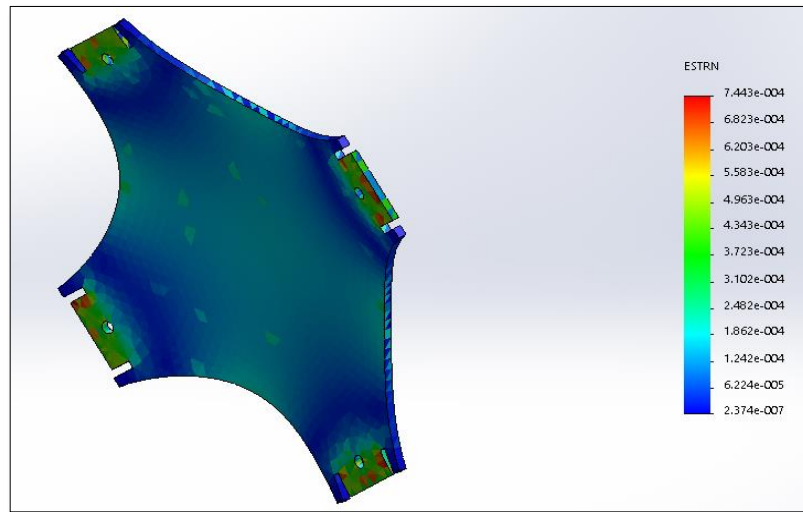


Figura 19 Análisis deformaciones unitarias soporte central

3.5.5.4 Análisis de factor seguridad soporte central

1. Se define las restricciones en condición estructural acorde a lo que vamos a diseñar y a utilizar.
2. Se define las cargas externas depende de las condiciones en las cuales se va a encontrar la estructura expuesta o trabajando.
3. Seguidamente se utiliza el ensamblaje de los cuerpos, componentes y grupos de contacto para definir la simulación del comportamiento del cuerpo.
4. Adjuntamos análisis de simulación de factor de seguridad para verificar donde se genera más este esfuerzo.
5. Se genera la malla de simulación acorde a lo mencionado y seleccionado en el software dando como resultado la estructura simulada.
6. La simulación resultante indica una gama de colores donde se especifica la generación de factor seguridad, siendo el color azul uno de los atenuantes donde se presta atención para mejorar el diseño.

(ANEXO J)

7. La resultante indica señales de precaución a la fabricación en factores de seguridad en las partes de sujeción con posibles rupturas de acuerdo a la simulación.

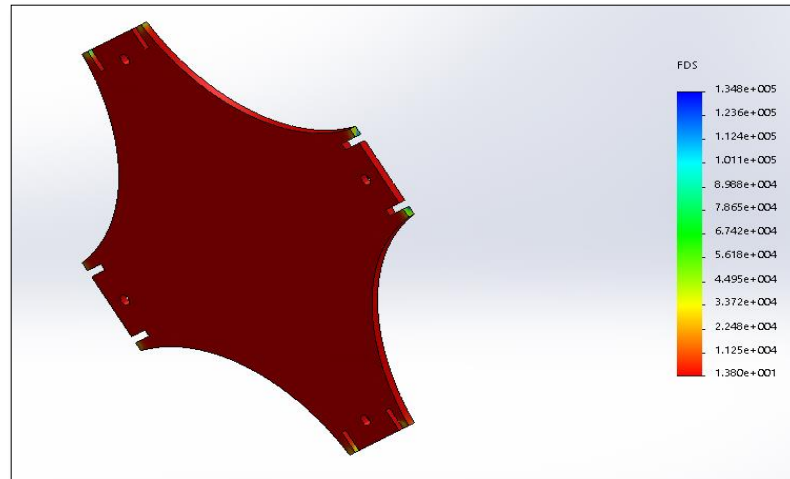


Figura 20 Análisis factor seguridad soporte central

3.5.5.5 Diseño terminado

Después de haber efectuado el análisis y las simulaciones respectivas de cargas y esfuerzos la estructura obtuvo los estándares adecuados para entregar su diseño terminado el cual va ser fabricado con fibras de carbono, kevlar y vidrio con una matriz de resina epoxica para mejorar los estados de dureza y no flexibilidad.

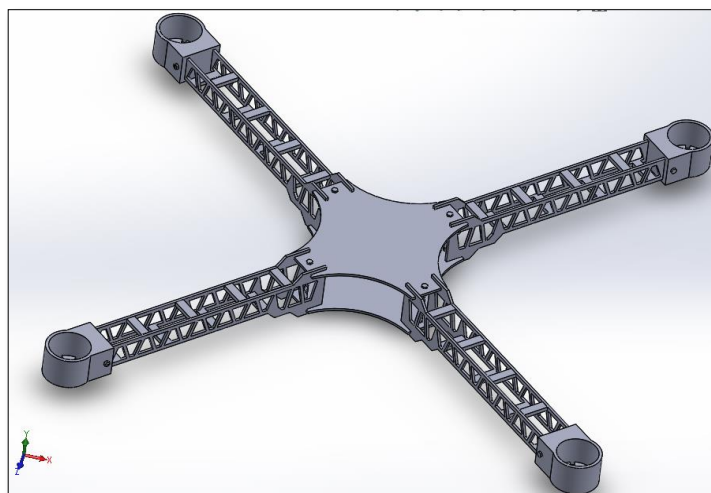


Figura 21 Diseño estructura terminada

3.6 Construcción de la estructura del dron

3.6.1 Corte de matrices o fibras

1. Para la construcción del dron se tomaron en cuenta los principios de fabricación con materiales compuestos por método de vacío.
2. Como principio general se tomaron las medidas de seguridad adecuadas para cortar las fibras.
3. La fibra de carbono se cortó con una tijera especial con afilado tipo estilo naval, la fibra de carbono le otorga resistencia estructural y dureza fuera de los parámetros flexibles.



Figura 22 Corte fibra de carbono

4. Continuamente se realizó el corte de fibra de vidrio que sirve como recubrimiento de protección de esfuerzo y cara frontal de la fibra de carbono.
5. Se realizó el corte con otro tipo de tijera especial ya que el tejido de la tela de fibra de vidrio es aramida, tejido especial de refuerzo.
6. El corte esta realizado de acuerdo a las mediciones realizadas en el diseño para evitar desperdicio de material.



Figura 23 Corte fibra de vidrio

3.6.2 Corte de materiales auxiliares de vacío

1. De acuerdo al orden de selección de los materiales para realizar un empastado para el vacío se toma en cuenta los cortes realizados de las matrices.
2. Los cortes que se toman de las matrices deben ser los mismos para algunos de los materiales auxiliares ya que conforman el vacío y curado.
3. Se procedió a realizar el corte de la tela pelable o desmoldable la cual cumple la función de separarse del molde fácilmente sin afectar la forma adecuada.
4. Como complemento del vacío y como material importante la tela absorbente como su nombre lo dice, absorbe el exceso de la matriz o resina que se utiliza.
5. Mencionada tela no necesita de una tijera especial para ser cortada ya que su componente de fabricación principal es el algodón.
6. Se procedió a cortar la tela absorbente de acuerdo a la medida de la plancha a construir como se evidencia en la imagen.



Figura 24 Tela desmoldable



Figura 25 Tela absorbente

7. Terminado los cortes de las telas auxiliares se procedió al corte de las fundas entre una de ellas la funda porosa, la cual sirve para brindar un acabado liso brillante y no rugoso.

8. La funda porosa se corta un poco más grande ya que cuenta con inserciones mínimas para filtrar el exceso de resina hasta la tela absorbente.
9. El corte que se realizo pudo ser ejecutado con estilete pero para obtener mayor exactitud se lo realizo con una tijera normal.
10. Para elegir este tipo de funda porosa viene en tres tipos dependiendo de la inserción del poro, esto viene en varios colores dependiendo la inserción, en este caso utilizamos la de tono rojo por su fiabilidad en el momento de curado y vacío.



Figura 26 Plástico poroso

11. Luego se procede a cortar el plástico de alta temperatura de vacío, el cual contiene varias tonalidades, como el más común de color verde como se refleja en la figura.
12. Al cortar este plástico se toma mucha precaución para no ocasionar ningún tipo de corte extra donde no se lo requiere, para que no nos genere ningún problema en el vacío.



Figura 27 Funda de vacío

3.7 Matrices utilizadas

1. Como matriz o resina endurecedora se utilizó un componente epoxico el cual fue seleccionado por su característica de no tener flexibilidad.
2. La resina se mezcló en cantidades exactas de acuerdo a una fórmula que mide el peso de las telas de fibra de acuerdo a su aérea, se opera la cantidad de mezcla epoxica.



Figura 28 Resina epoxica

3. Se tomaron las debidas de seguridad al utilizar o manipular este tipo de líquidos inflables evitando daño o lesiones leves al cuerpo humano, por ende, se utilizó equipo adecuado de protección.



Figura 29 Equipos de protección

3.8 Proceso de unión de refuerzos y vacío

1. Las capas cortadas se colocan de forma homogénea una sobre otra colocando por cada capa una cierta cantidad de resina o matriz para realizar el empastado previo al proceso del vacío.
2. Al momento de realizar el empastado la resina se esparce por medio de un rodillo o una espátula plástica hasta obtener completamente húmeda las capas de refuerzos.
3. Continuamente se debe preparar la base donde se va a realizar el vacío colocando el adhesivo de alta temperatura para generar el vacío.



Figura 30 Empastado con resina

4. Una vez colocado el adhesivo se procede a recubrir con la funda de alta temperatura de vacío para mantener de una forma ordenada el proceso de la construcción.
5. Al colocar el adhesivo de alta temperatura se tomó en cuenta que en sus esquinas debe haber un sobrante para cuando se aplaste no exista fugas y se compacte a la lámina de acero galvanizado.



Figura 31 Adhesivo de alta temperatura

6. Realizado el proceso de preparación se transporta el empastado hasta la lámina de acero galvanizado tomando en cuenta el orden de las telas auxiliares.
7. Colocado todo el empastado y sus telas auxiliares se verifica que no exista excesos de alimañas o basuras que afecten la ruptura del plástico de vacío.



Figura 32 Enfundado de matrices

8. Luego de verificar el buen estado del proceso se continua a encerrar el enfundado colocando los acoples de la válvula de vacío y el manómetro bajo la funda de vacío para su previa colocación y cierre hermético.

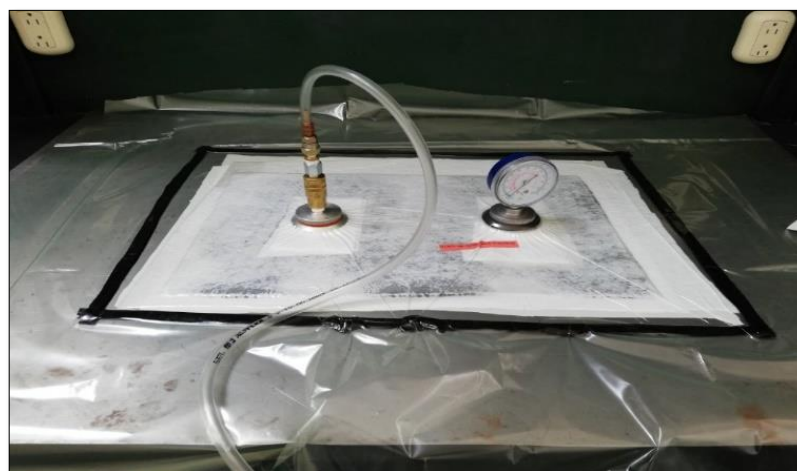


Figura 33 Proceso de vacío

3.9 Desfundado

1. El desfundado es el mismo proceso y orden en el cual se colocó las matrices.
2. La plancha terminada se desmolda con un poco de ayuda en este caso con una espátula plástica.
3. La plancha terminada cuando es desmontada de la base se debe dejar curar al medio ambiente, para favorecer al endurecimiento de las fibras con la matriz.

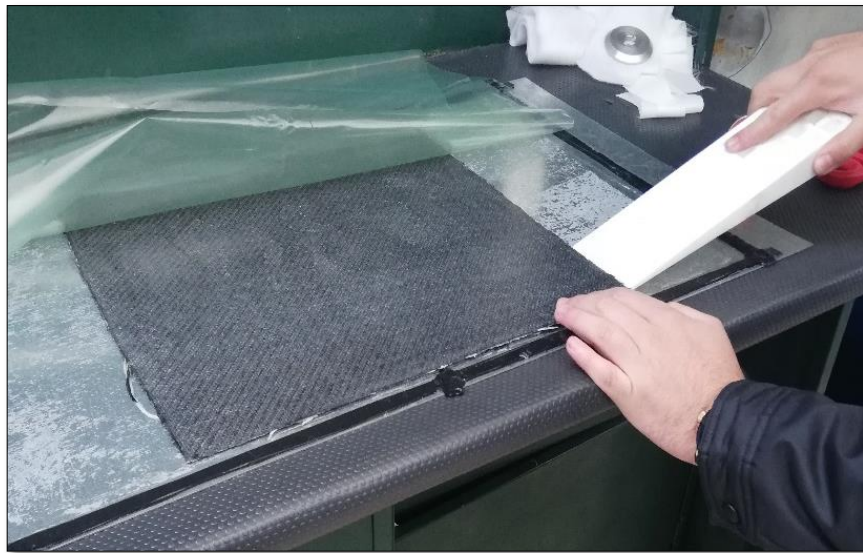


Figura 34 Desfundado de la plancha

3.10 Plantillado y corte del refuerzo central

1. El plantillado se realiza primeramente imprimiendo a escala real los componentes estructurales, los cuales fueron terminados y analizados anteriormente.
2. Se realiza los cortes de la plantilla con herramientas especiales las que ayudan o facilitan la movilidad y precisión en los interlineados para hacer el traspaso a la lámina de material compuesto.

3. La plantilla es fijada con cinta adhesiva a la plancha donde se va a realizar el corte, verificando que los bordes y vértices no se levanten al momento de marcar para evitar imprecisiones.



Figura 35 Corte de la plantilla

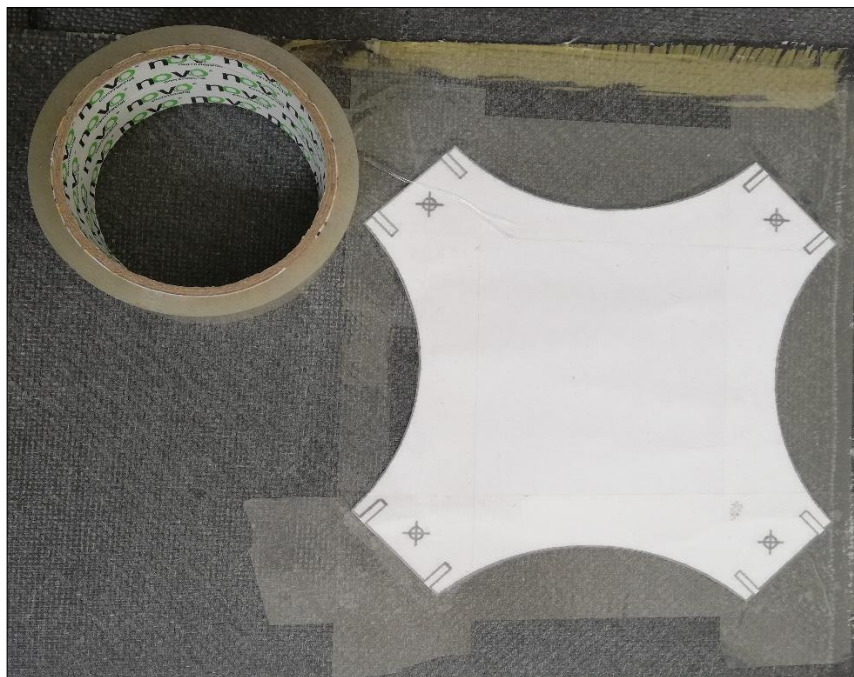


Figura 36 Plantillado con cinta adhesiva

4. El corte de la plancha de material compuesto se lo realiza con una fresadora horizontal o máquina de disco giratorio de corte, puede ser neumática o eléctrica para aprovechar sus revoluciones por minuto para poder desbastar la fibra de carbono.

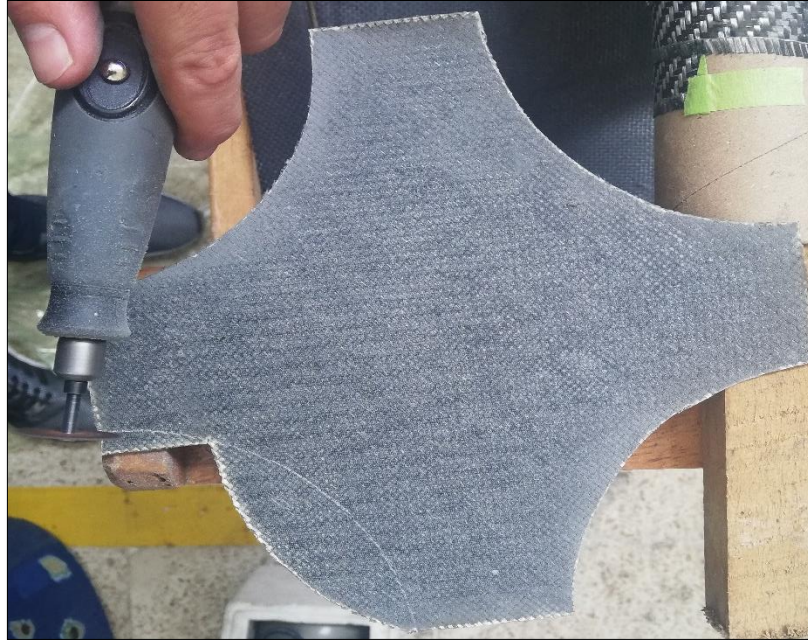


Figura 37 Corte del refuerzo central

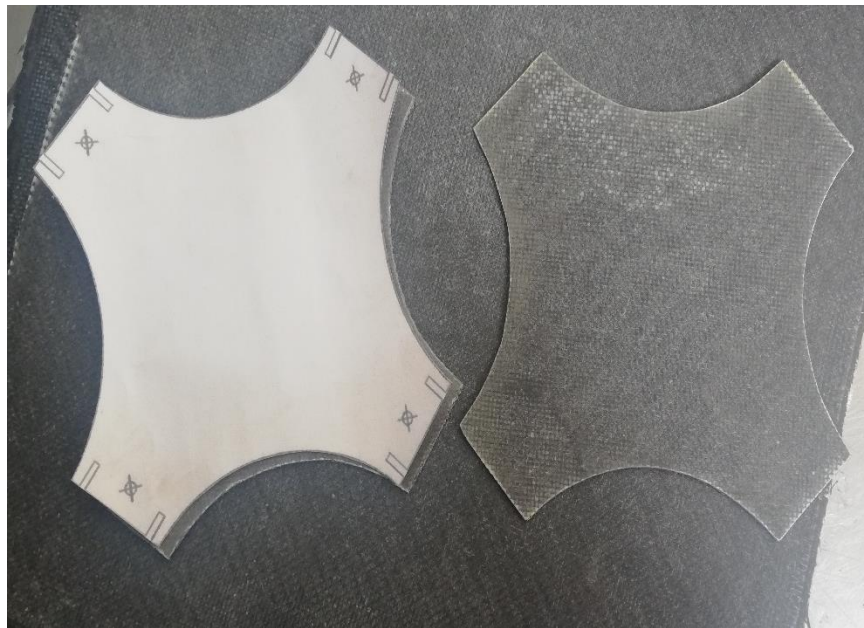


Figura 38 Corte del refuerzo central terminado

3.5 Simbología en diagramas de flujo de análisis

Los diagramas de flujo usan formas especiales para representar diferentes tipos de acciones o pasos en un proceso. Las líneas y flechas muestran la secuencia de los pasos y las relaciones entre ellos. Estos son conocidos como símbolos de diagrama de flujo.

El diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso. Muestra la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, el flujo de la información y los materiales, las ramas en el proceso, la existencia de bucles repetitivos, el número de pasos del proceso, las operaciones de interdepartamentales, facilita también la selección de indicadores de proceso. (SMARTDRAW, 2017)

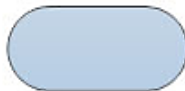

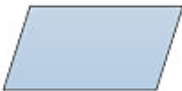

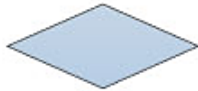
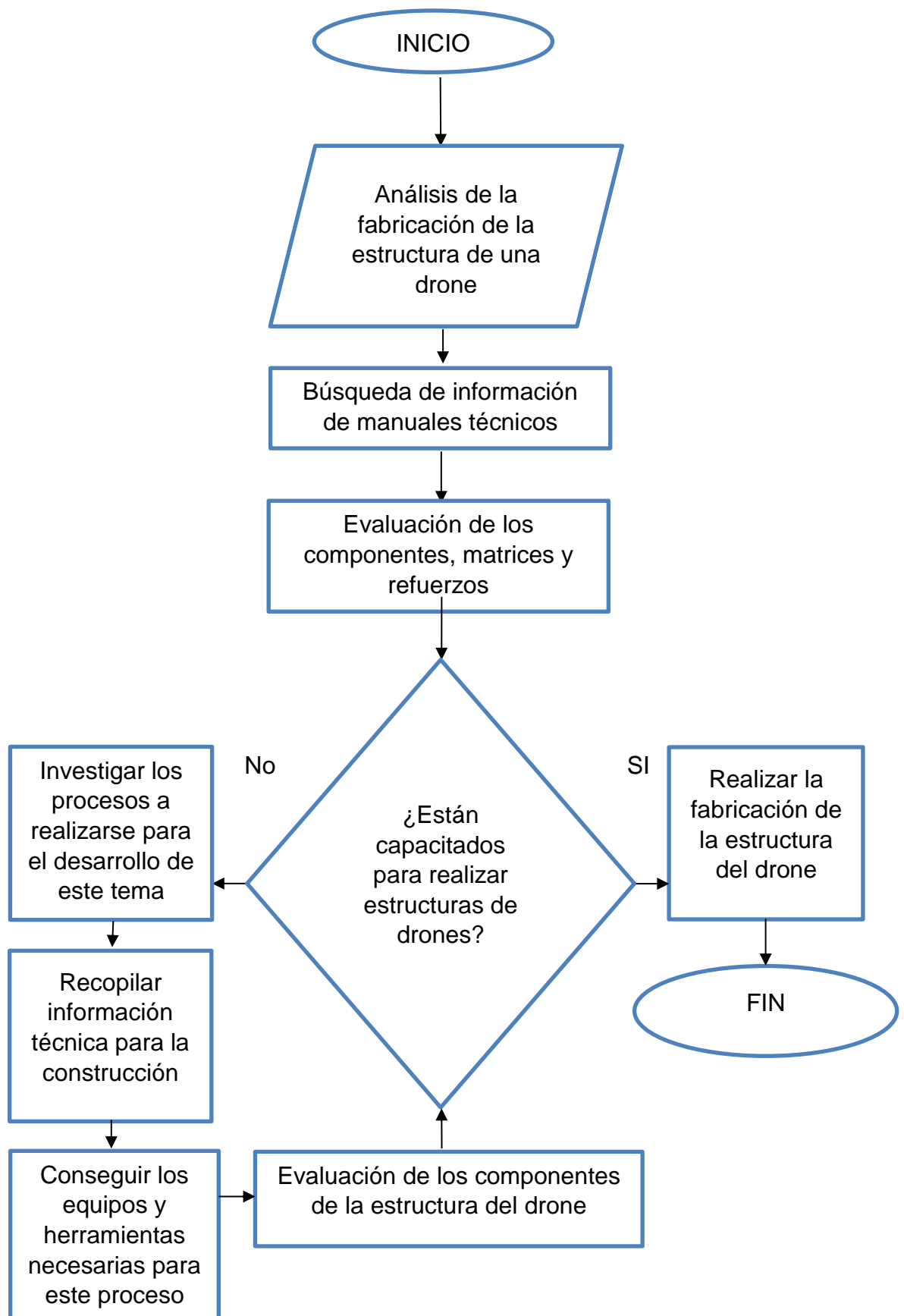
Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

Figura 39 Símbolos en diagramas de flujo

Fuente: (SMARTDRAW, 2017)

3.6 Diagrama de flujo de análisis de tema



3.7 Presupuesto

El presupuesto presentado en el anteproyecto era un presupuesto con valores promedios que rodeaba 1800 USD y no eran valores fijos, pero durante todo el tiempo en el que se desarrolló el proyecto se llegó al valor total.

3.7.1 Análisis de costos

Para el análisis y construcción de la estructura del dron se mantuvo costos de precio de fábrica de los refuerzos o fibras ya que sus costos son elevados por ser componentes aeroespaciales, así como, las matrices que en la industria se utiliza son poco accesibles.

Costos primarios

- Materiales y herramientas

Costos secundarios

- Trámites de solicitudes de graduación
- Elaboración de textos
- Protocolización de documentos de legalización del avión
- Varios

3.7.1.1 Costos primarios

Tabla 1 Total de costos primarios

Descripción	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Fibra De Kevlar	1,5m	76	114
Fibra De Carbono	3m	55	165
Fibra De Vidrio	3m	25	75

Breeder	6m	15	90
Cinta De Vacío	2m	15	30
Tela Desmoldable	7m	16	112
Bolsa De Vacío	8m	10	80
Resina	1KT	84	84
Equipos de protección	3	50	50
Adquisición Softwares	1	50	50
TOTAL			920,00

Elaborado por: Steven Alejandro Urbano Muñoz

3.7.1.2 Costos secundarios

Tabla 2 Total de costos secundarios

N°	Detalle	Valor total (USD)
1	Trámites de solicitudes de graduación	15
2	Elaboración de textos	150
3	Impresiones de planos a escala	50
4	Varios (Transporte, alimentación)	500
	TOTAL	715,00

Elaborado por: Steven Alejandro Urbano Muñoz

3.7.2 Costo total del proyecto de grado

Tabla 3 Total costo del proyecto

N°	Detalle	Valor total (USD)
1	Gastos primarios	920,00
2	Gastos secundarios	715,00
	TOTAL	1635,00

Elaborado por: Steven Alejandro Urbano Muñoz

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Con la ayuda de información documental y experimental del diseño y fabricación de estructuras de drones se adquirió un conocimiento teórico-práctico asociado con el aprendizaje adquirido en la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE se logró con satisfacción el análisis y construcción de la estructura de un drone.
- Debido que en el país no existen comercialmente productos aeronáuticos, se presentó un pequeño problema en adquirir los componentes de construcción de la estructura, así como las matrices, refuerzos y materiales auxiliares de vacío.
- Por medio del apoyo de un software de análisis se obtuvo un buen resultado en el diseño de la estructura, verificando la confiabilidad de la misma para las condiciones de vuelo a la que va ser expuesta.

4.2 Recomendaciones

- Es de suma importancia utilizar los componentes adecuados durante el proceso de construcción para evitar bajos estándares de calidad de la estructura, así como rupturas o rajaduras tempranas antes de realizar el ensamblaje o durante el vuelo.
- Para el correcto desarrollo del proyecto se deben utilizar las herramientas y equipos específicos para evitar estropear los componentes estructurales del drone y cuidar la salud personal.
- La seguridad en este proyecto es de suma importancia por lo que se deben utilizar todos los equipos de protección personal por el uso de químicos con grandes cantidades de plomo que afectan a la sangre humana y mantener encendido el ventilador o depurador del taller de materiales compuestos.

GLOSARIO

Dron: Es un vehículo sin tripulación reutilizable, capaz de mantener de manera autónoma un nivel de vuelo controlado y sostenido, y propulsado por un motor de explosión, eléctrico o de reacción.

Avión: Aerodino propulsado por motor que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo.

Aeronavegabilidad: Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura.

Material compuesto: Es aquel formado por dos o más componentes, de forma que las propiedades del material final sean superiores que las de los componentes por separado.

Resina: Sustancia orgánica de consistencia pastosa, pegajosa, transparente o translúcida, que se solidifica en contacto con el aire; es de origen vegetal o se obtiene artificialmente mediante reacciones de polimerización.

Epoxi: Es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o «endurecedor». Las resinas **epoxi** más frecuentes son producto de una reacción entre epiclorohidrina y bisfenol A.

Software: Es el proceso automatizado de analizar el comportamiento del software. Existen dos tipos principales de análisis, el análisis estático de software y el análisis dinámico de software

Plantillado: Pieza plana que sirve de modelo o de guía para dibujar o recortar el contorno de un objeto o figura cuya forma coincide con la del contorno de la pieza o está perforada en el interior de la misma.

Matriz auxiliar: Molde con que se da forma a alguna cosa, como los utilizados en imprenta o aquellos en los que se funden objetos de metal que han de ser idénticos.

Plataforma: Área definida, en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves, para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

Sistema: Combinación de componentes y/o accesorios interrelacionados a distancias para desarrollar una función específica. Incluye los componentes básicos y todos los instrumentos, controles, unidades, piezas y partes mecánicas, eléctricas, y/o hidráulicas o equipos completos relacionados con el sistema.

ABREVIATURA

UAV: Vehículo Aéreo no Tripulado

RPV: Vehículo Aéreo Pilotado Remotamente

RPA: Aeronave Pilotada Remotamente

RPAS: Sistema de Aeronave Pilotada Remotamente

RPS: Estación de pilotaje remoto asociada

UMA: Vehículo Pilotado Automáticamente

UTA: Avión Táctico no Tripulado

UCAV: Vehículo Aéreo de Combate no Tripulado

ROA: Aeronave Operada Remotamente

CAD: Diseño asistido por computadora

CAE: Ingeniería asistida por computadora

FAC: Fabricación asistida por computadora

BIBLIOGRAFÍA

Internet

- Allterra. (8 de Agosto de 2016). *geotronics*. Obtenido de <https://dronespain.pro/tipos-de-drones-aereos/>
- Carbo System. (18 de Enero de 2018). *Carbosystem*. Obtenido de <http://carbosystem.com/fibra-de-carbono-2/>
- Delgado, V. (21 de Mayo de 2018). *eldrone*. Obtenido de <http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>
- Drone times. (17 de Enero de 2018). *Dronetimes*. Obtenido de <https://www.dronetimes.jp/articles/121>
- EL UNIVERSO. (10 de Septiembre de 2004). EL UNIVERSO. Recuperado el 27 de Junio de 2017, de <http://www.eluniverso.com/2004/09/10/0001/12/9B6B49B372A14C35B7C5A5DAAA01E971.html>
- Flickr Hive Mind. (29 de Enero de 2005). *Aeropassion*. Recuperado el 4 de Julio de 2017, de <https://hiveminer.com/Tags/125,bae/Recent>
- FlightSafety International. (1997). *HAWKER 800 XP PILOT TRAINING MANUAL VOLUME 2*. New York: Wilmington.
- Göde, M. (30 de Noviembre de 2016). *British Aerospace BAe 125*. Recuperado el 2 de Julio de 2017, de http://www.wikiwand.com/es/British_Aerospace_BAe_125
- Gonzales, K. (22 de Abril de 2014). *fibrologia*. Obtenido de http://fibrologia.blogspot.com/2013/04/kevlar_8.html
- Johansson, A. (30 de Enero de 2016). *Power Jets*. Recuperado el 2 de Julio de 2017, de <http://www.powerjets.co.uk/Viper%20theory.htm>
- Martínez, D. (9 de Julio de 2017). *Aviación General*. Recuperado el 23 de Julio de 2017, de <http://aviaciongeneralnavy.blogspot.com/2017/07/motores-turbojet.html>
- Naval composites. (29 de Marzo de 2016). *navalcomposites*. Obtenido de <https://www.navalcomposites.com/materiales-compuestos/>
- Naval Composites. (23 de Enero de 2016). *navalcomposites*. Obtenido de <https://www.navalcomposites.com/materiales-compuestos/>

- Pavia, J. (19 de noviembre de 2017). *jeuazarru*. Obtenido de <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2017/11/Drones-2017.pdf>
- ROLLS - ROYCE. (1964). *MAINTENANCE MANUAL, CHAPTER 71*. Hartfield: BRITISH AEROSPACE: AIRCRAFT GROUP.
- Saade, J. (12 de Julio de 2009). *JasaAviation*. Recuperado el 23 de Julio de 2017, de <http://jasaaviation.blogspot.com/2009/07/todo-sobre-los-motores.html>
- Saber mas. (6 de Septiembre de 2017). *sabermas*. Obtenido de <https://sabermas.umich.mx/archivo/tecnologia/150-numero-1957/301-drones-tecnologia-a-control-remoto.html>
- Saranga, D. (18 de Julio de 2016). *The Blueprints.com*. Recuperado el 26 de Junio de 2017, de https://www.the-blueprints.com/blueprints/modernplanes/hawker/73707/view/hawker_siddeley_hs_125/
- SMARTDRAW. (2017). *Símbolos de diagrama de flujo*. Recuperado el 23 de Julio de 2017, de <https://www.smartdraw.com/flowchart/simbolos-de-diagramas-de-flujo.htm>
- UAV Technology. (7 de Abril de 2016). *hemav*. Obtenido de <https://hemav.com/el-origen-y-la-historia-de-los-drones/>
- Zima robotic. (17 de Mayo de 2014). *dronespain*. Obtenido de <https://dronespain.pro/tipos-de-drones-aereos/>

ANEXOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ANEXO A: “Simulación estática estructural de los brazos”

ANEXO B: “Esfuerzo de cargas y sujeciones de los brazos”

ANEXO C: “Análisis de tensiones de los brazos”

ANEXO D: “Análisis deformaciones unitarias de los brazos”

ANEXO E: “Análisis de factor seguridad de los brazos”

ANEXO F: “Análisis estático base del dron/soporte central”

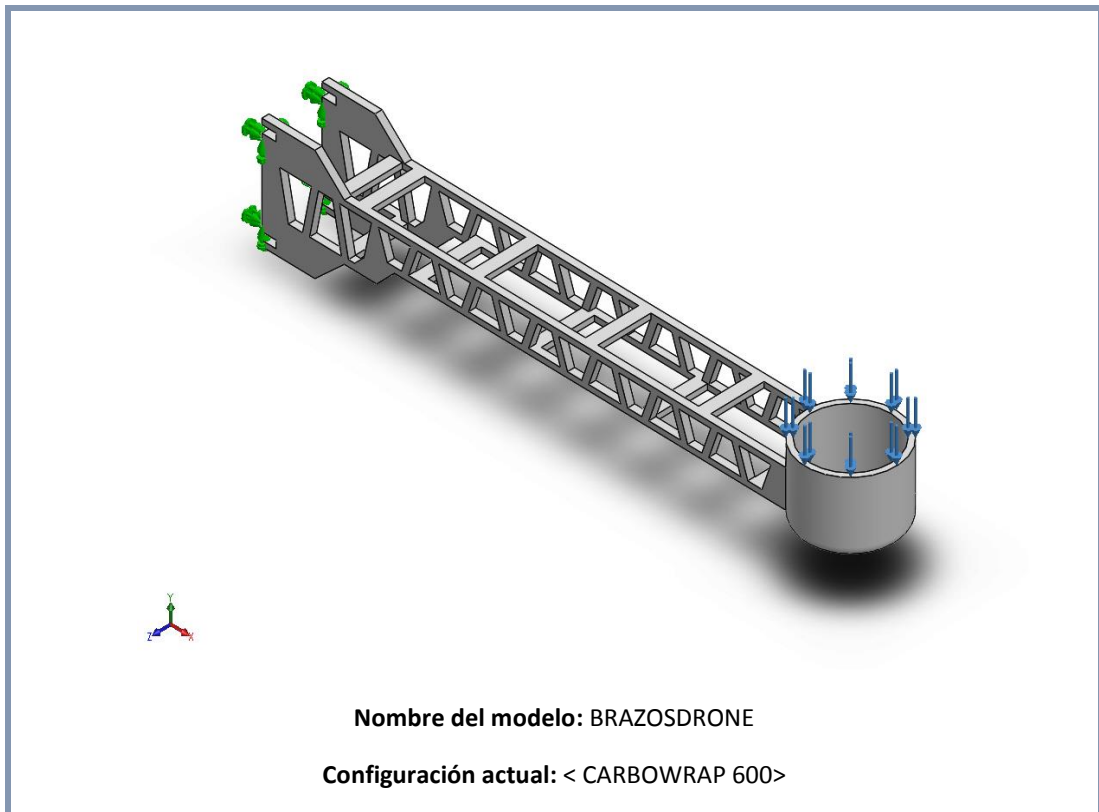
ANEXO G: “Esfuerzos de cargas y sujeciones del soporte central”

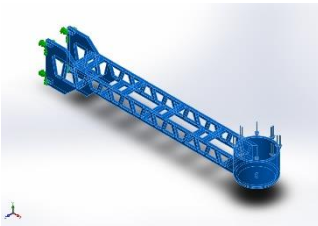
ANEXO H: “Análisis de tensiones soporte central”

ANEXO I: “Análisis deformaciones unitarias soporte central”

ANEXO J: “Análisis de factor seguridad soporte central”

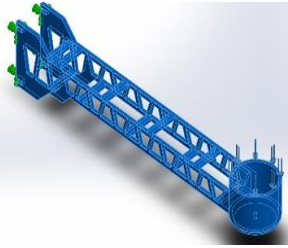
ANEXO A:
“Simulación estática estructural de los brazos”



Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir4 	Sólido	Masa:0.0677909 kg Volumen:6.64616e-005 m³ Densidad:1020 kg/m³ Peso:0.66435 N	C:\Users\usuario\Desktop\DRONES\BRAZOSDRONE.SLDPR T Jun 01 12:48:53 2018

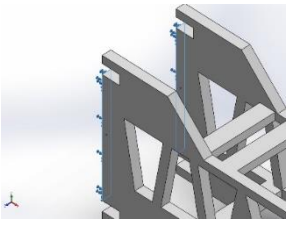
Nombre de estudio	Análisis estático 2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Activar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\usuario\Desktop\DRONES)

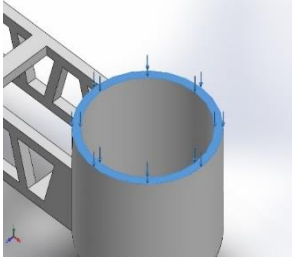
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/mm ² (MPa)

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: CARBOWRAP 600 CFRP Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 39.53 N/mm² Límite de tracción: 3.79 N/mm² Módulo elástico: 2000 N/mm² Coeficiente de Poisson: 0.394 Densidad: 1020 g/cm³ Módulo cortante: 318.9 N/mm²	Sólido 1(Cortar-Extruir4)(BRAZOSDRONE)
Datos de curva:N/A		

ANEXO B:

“Esfuerzo de cargas y sujeciones de los brazos”

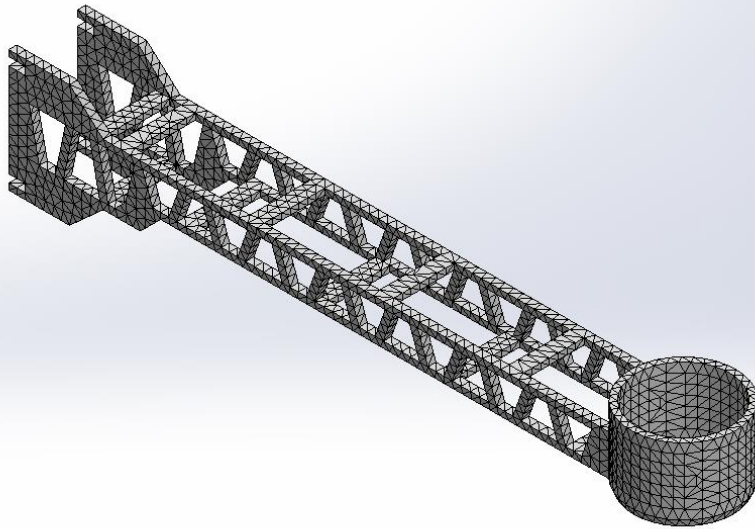
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.000103951	19.6002	-0.000155449	19.6002
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 19.6 N		

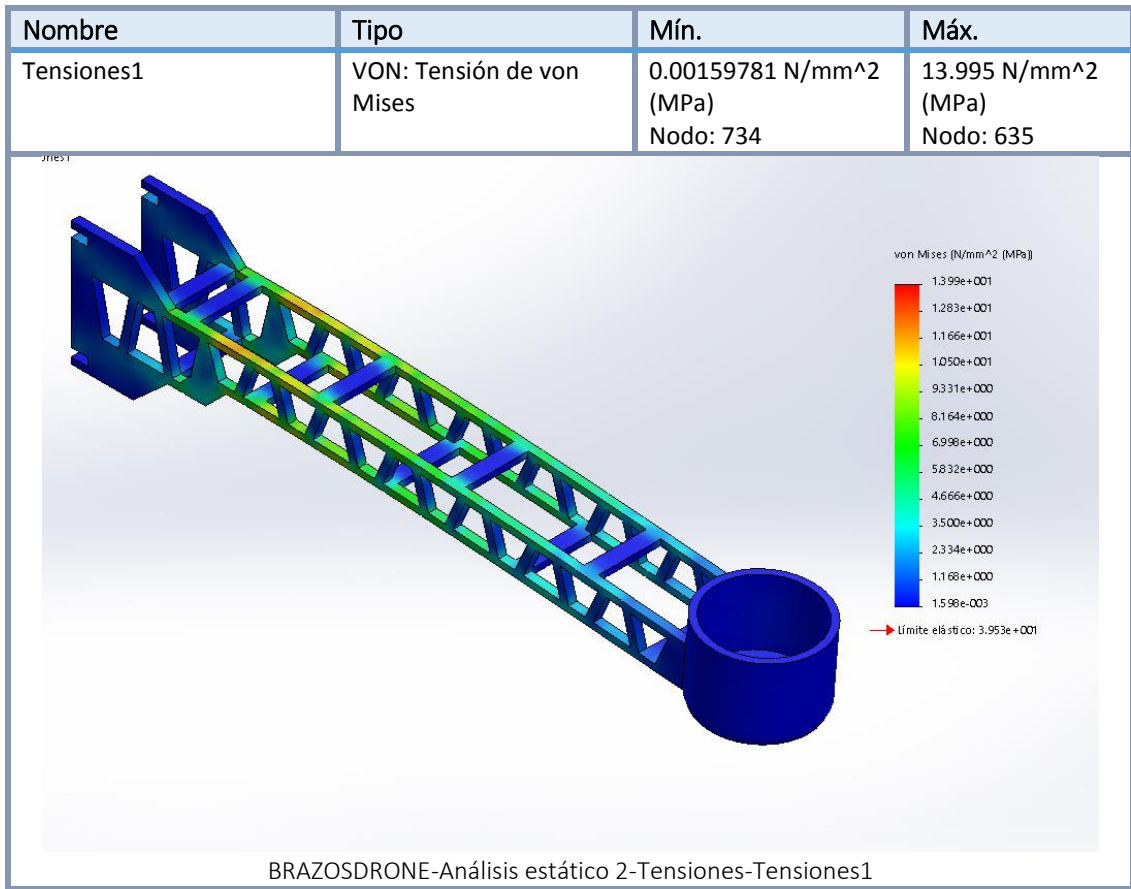
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4.51709 mm
Tolerancia	0.225854 mm
Calidad de malla	Malla con calidad de borrador

Número total de nodos	3198
Número total de elementos	7710
Cociente máximo de aspecto	9.9145
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	97.4
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:07
Nombre de computadora:	USER

RAP (OO>-)



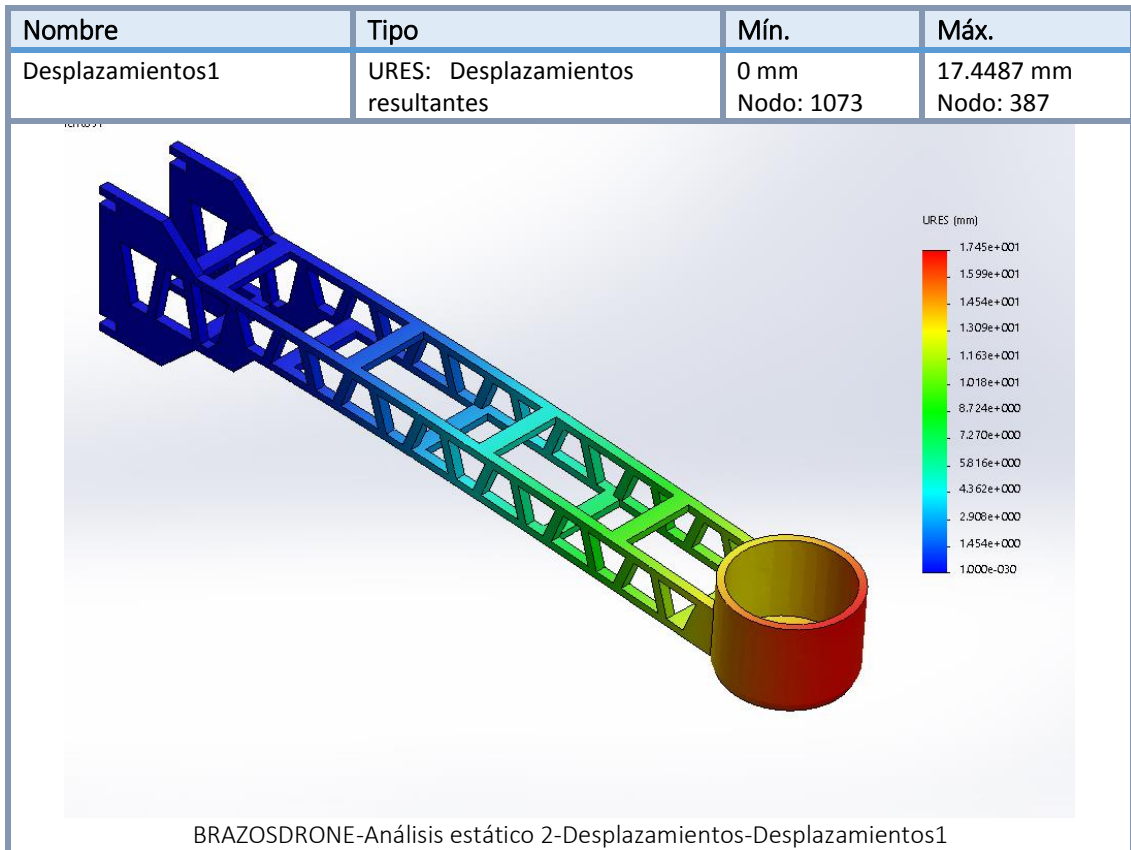
ANEXO C: “Análisis de tensiones de los brazos”



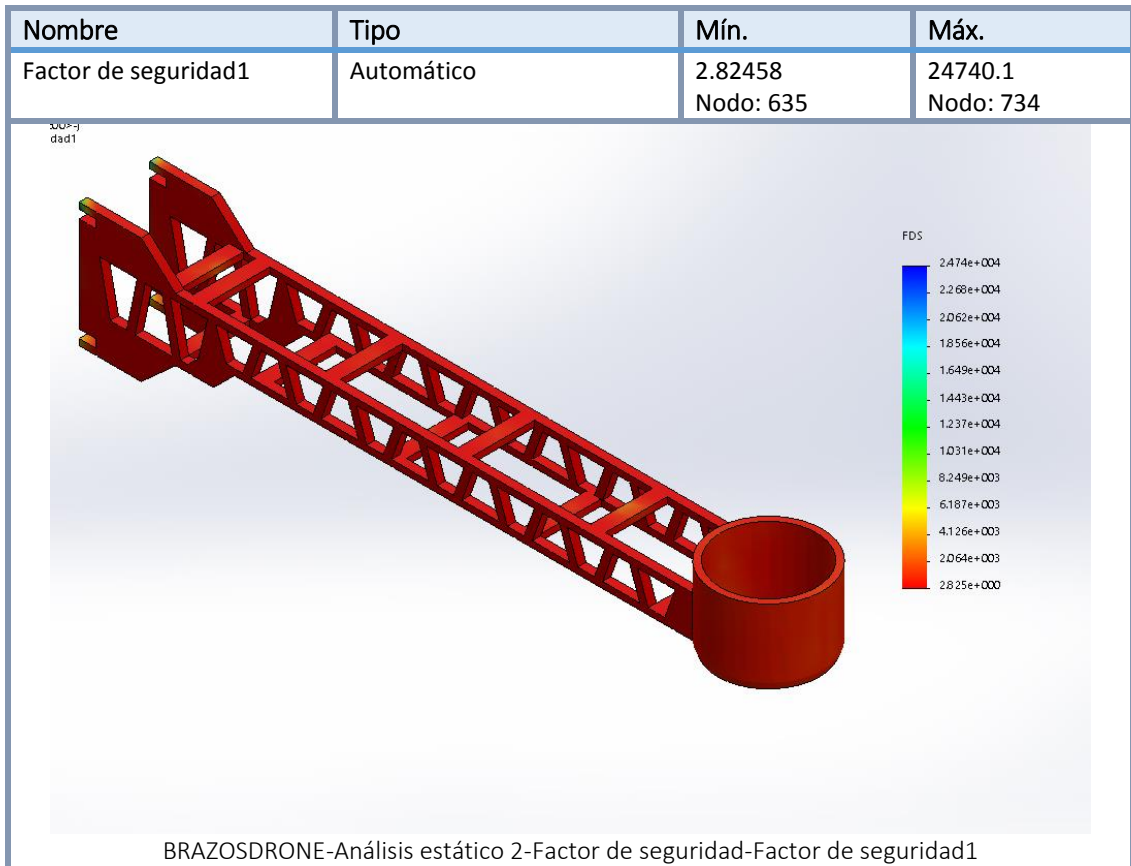
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.000103951	19.6002	-0.000155449	19.6002

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

ANEXO D:
“Análisis deformaciones unitarias de los brazos”



ANEXO E:
“Análisis de factor seguridad de los brazos”

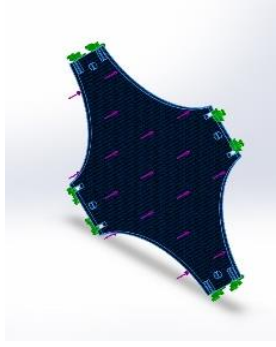


ANEXO F:
“Análisis estático base del dron/soporte central”

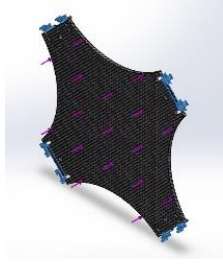


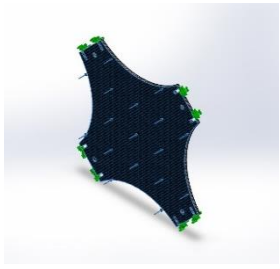
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0659231 kg Volumen:6.46304e-005 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:0.646046 N	C:\Users\usuario\Desktop\DRONES\tesis drone\BASEDRONE.REV3.SLD PRT Aug 13 21:07:06 2018

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpetas de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\usuario\Desktop\DRONES\tesis drone)
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/mm ² (MPa)

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: CARBOWRAP 600 CFRP</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 39.53 N/mm²</p> <p>Límite de tracción: 3.79 N/mm²</p> <p>Módulo elástico: 2000 N/mm²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.394</p> <p>Densidad: 1020 g/cm³</p> <p>Módulo cortante: 318.9 N/mm²</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(BASEDRONE.REV3)</p>
Datos de curva:N/A		

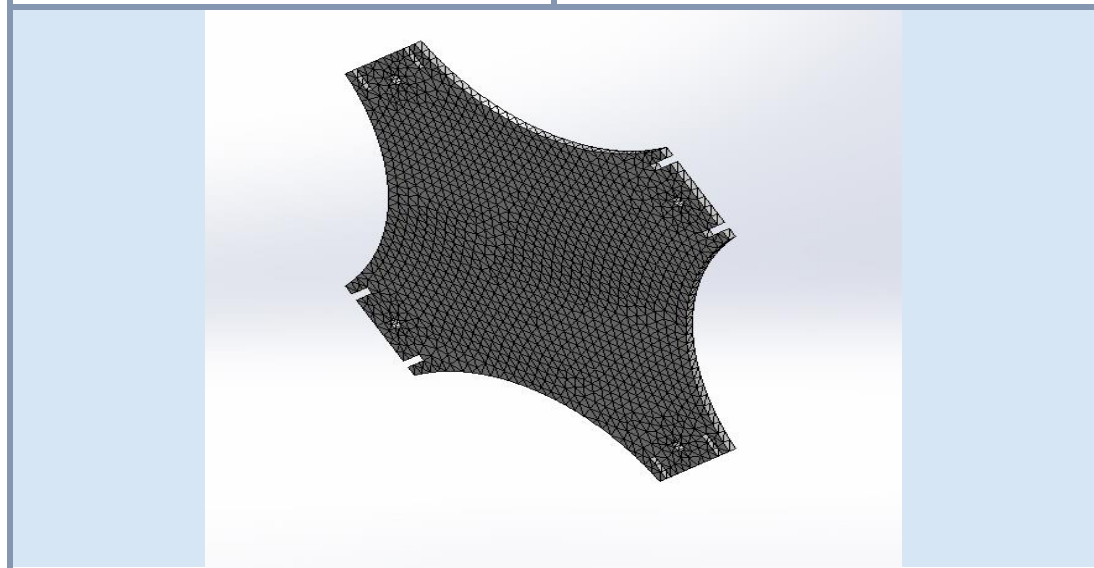
ANEXO G:
“Esfuerzos de cargas y sujeciones del soporte central”

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultants				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.00190282	0.000995278	19.4995	19.4995
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

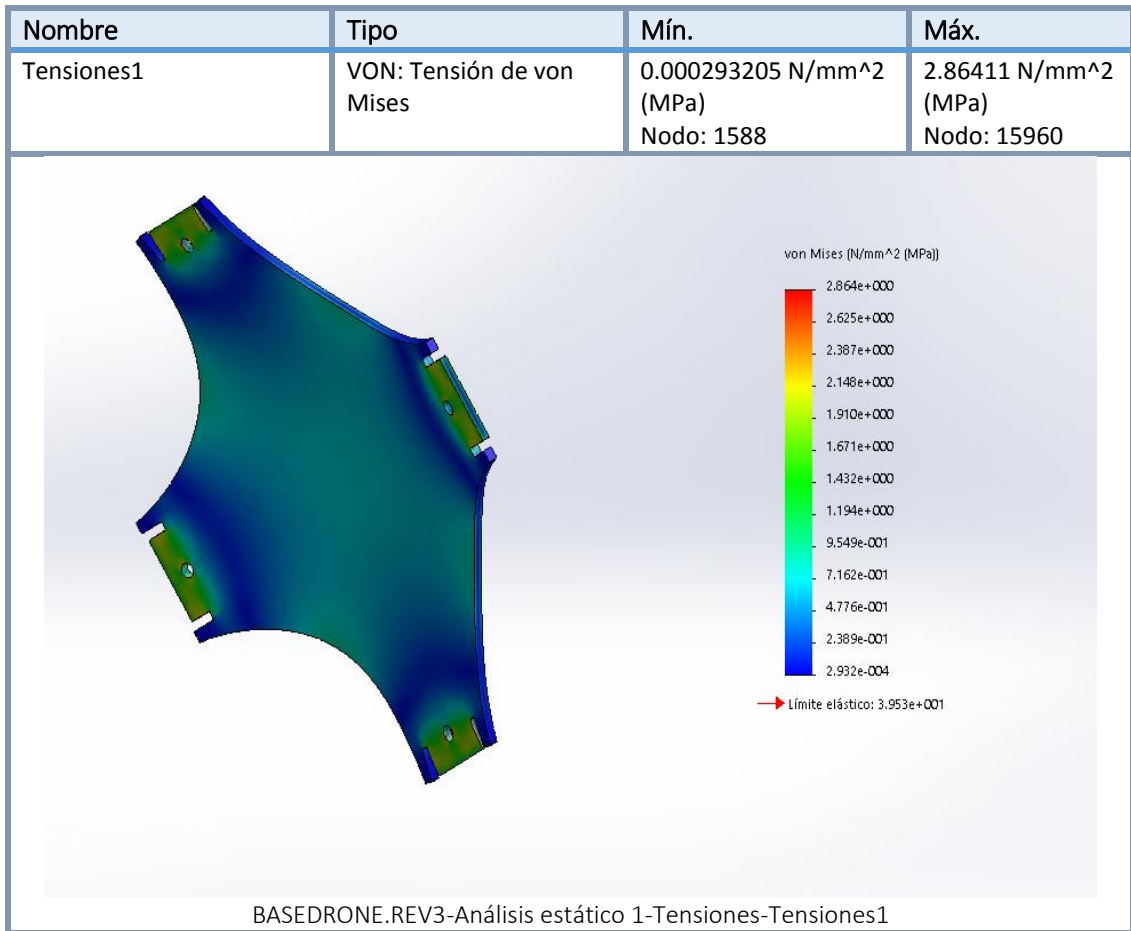
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 19.5 N		

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4.27586 mm
Tolerancia	0.213793 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Número total de nodos	16073
Número total de elementos	7810
Cociente máximo de aspecto	4.5931
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	98
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	USER



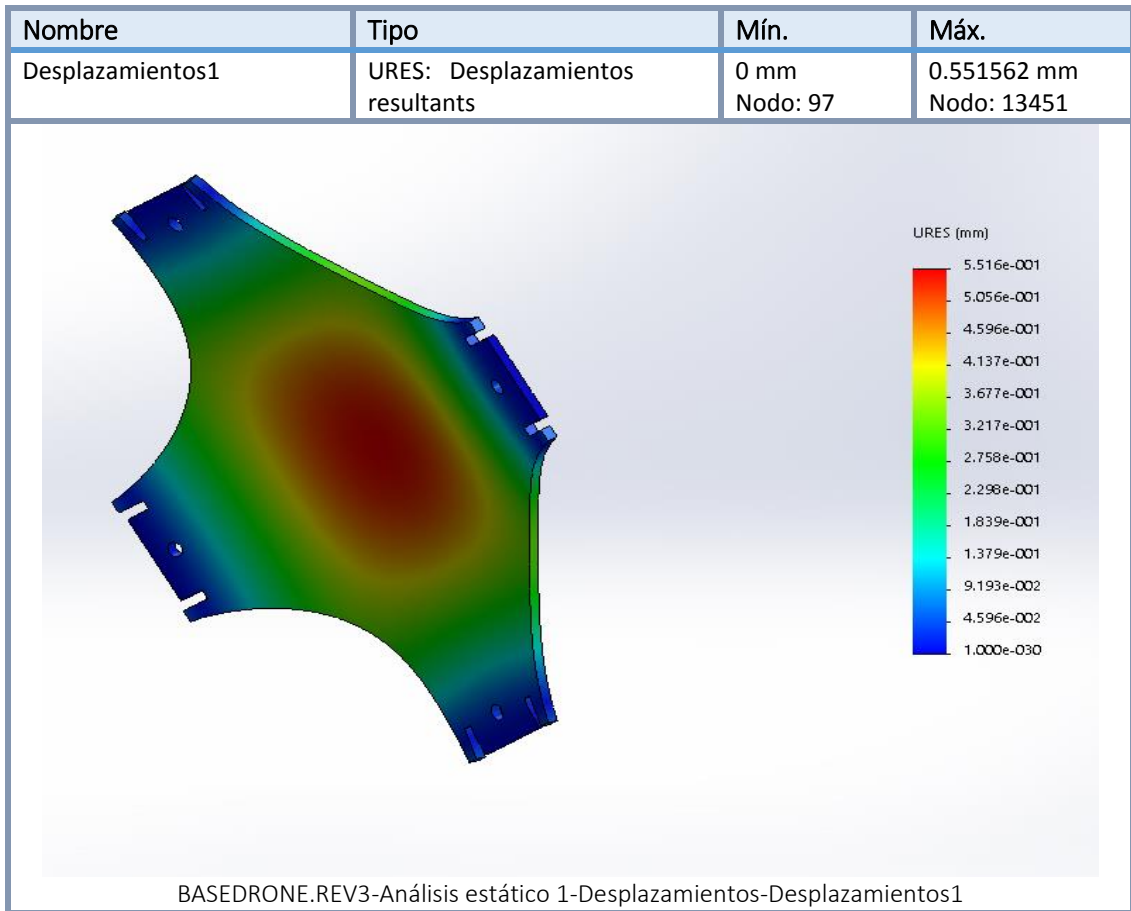
ANEXO H:
“Análisis de tensiones soporte central”



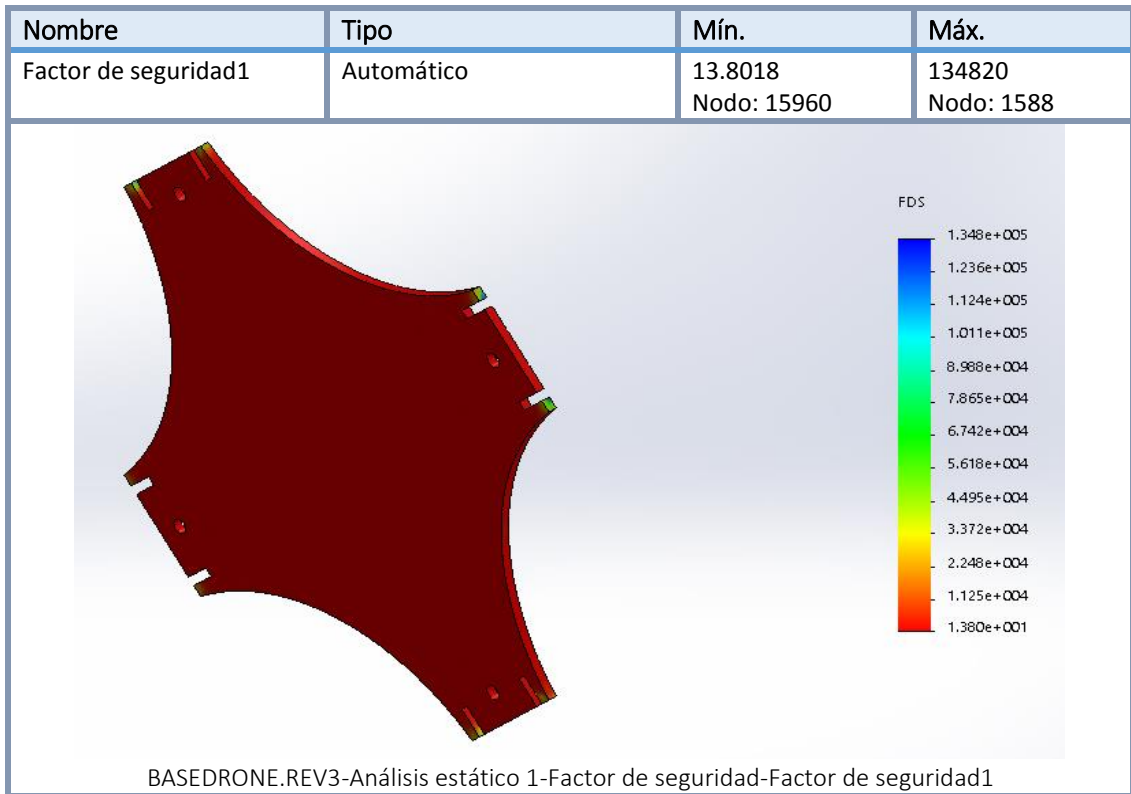
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.00190282	0.000995278	19.4995	19.4995

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

ANEXO I:
“Análisis deformaciones unitarias soporte central”



ANEXO J:
“Análisis de factor seguridad soporte central”



HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Urbano Muñoz Steven Alejandro

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

FECHA DE NACIMIENTO: 21 de febrero de 1997

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 1725391252

TELÉFONOS: 0984062542

CORREO ELECTRÓNICO: umsteven@espe.edu.ec



DIRECCIÓN: Quito, Calles, Clemente Concha y Joaquín Enríquez S46-102

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: Escuela Jesús de Nazaret

SECUNDARIA: Instituto Nacional Mejía

SUPERIOR: Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

TÍTULOS OBTENIDOS

Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Suficiencia en el Idioma Inglés

Licencia de conducir profesional

EXPERIENCIA LABORAL O PRÁCTICAS PRE-PROFESIONALES

EMPRESA: Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE UGT (168H)

EMPRESA: Cosme Renela Barbato FAE – Salinas (180 H)

EMPRESA: 15 BAE - Sangolquí (200 H)

EMPRESA: Escuela de Aviación Pastaza - Pastaza (200 H)

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE
RESPONSABILIZA EL AUTOR

URBANO MUÑOZ STEVEN ALEJANDRO
C.C. 1725391252

DIRECTOR DE CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

ING. BAUTISTA ZURITA RODRIGO CRISTOBAL

Latacunga, Septiembre del 2018