

Desarrollo de un cuadricóptero-mini basado en materiales compuestos

Miroslava Cano Lara¹, Higinio Juárez Ríos², Horacio Rostro González³ y Erick Ortiz Belman¹

Depto. de Mecatrónica¹, Depto. de Formación Profesional Específica², Depto. de Electrónica³
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato¹, Instituto Politécnico Nacional-UPIIG², Universidad de Guanajuato-DICIS³
Irapuato, Gto.¹, Silao, Gto.², Salamanca, Gto.; México
miroslava.cano@itesi.edu.mx, hijuarez@ipn.mx, hrostrog@ugto.mx, erick.daniel_ortiz@hotmail.com

Abstract— This work deals with the development of a type mini 180 racing quadcopter. The quadcopter design use a glass fiber reinforced composite with resin polyester matrix. Due this class of drones is used primarily for racing competences where velocity is important, the structure must be able to support both electronic and control systems, as well as to provide stability, strength and lightness required to perform the flight maneuvers. The mechanical analysis showed that the composite is suitable for manufacturing the quadcopter structure due to meets the stress and displacement requirements for the optimum quadcopter performance.

Keyword— *Quadcopter-mini, structural analysis, composite materials.*

Resumen— En este trabajo se presenta el desarrollo de un cuadricóptero de carreras clase mini 180. El diseño del cuadricóptero fue con el material compuesto conformado por una matriz de resina poliéster y refuerzo de fibra de vidrio. Debido a que este tipo de drones es principalmente usado para competencias de velocidad, su estructura debe ser capaz de proporcionar el soporte al sistema electrónico y de control, así como la estabilidad, resistencia y ligereza necesaria para realizar las maniobras en vuelo. Los análisis mecánicos demostraron que el material compuesto es adecuado para la manufactura de la estructura del cuadricóptero clase mini, ya que cumple con los requerimientos de esfuerzo y desplazamiento estructurales necesarios para el desempeño del dron.

Palabras claves— *Cuadricóptero mini, análisis estructural, materiales compuestos.*

I. INTRODUCCIÓN

El uso de los drones o también llamados UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) ha aumentado durante la última década. Técnicamente son llamados drones a las aeronaves pilotadas por control remoto que tienen un uso comercial o profesional. Existen numerosos diseños de drones que varían conforme a su tamaño, configuración, peso, número de motores; y sus aplicaciones van desde el área civil, militar, de ocio o científicas [1-2]. Entre los drones multirrotores existen: tricóptero, cuadricóptero, hexacóptero y octocóptero; que a su vez pueden tener configuración en su frame o estructura en forma de V, Y, X, H. Cada uno de ellos presenta un diseño específico en cuanto a su frame o estructura, y esta elección permite al dron desempeñarse en una aplicación u otra [3].

Los drones de competencia han tomado gran relevancia entre los aficionados y su clasificación está en función de las dimensiones de la diagonal de motor a motor del cuadricóptero, como se aprecia en la tabla I. Es común que no allá restricciones en los motores, hélices, peso o baterías. Por ejemplo la figura 1 muestra un cuadricóptero de carreras clase mini 180, este tipo de drones solo puede competir en la categoría de cuadricópteros que tenga dimensiones menores a 250 mm, donde existen circuitos de carreras y numerosas reglas de competición [4-5].

Tabla I. Clasificación de los cuadricópteros de carreras.

Clase	Dimensiones de motor a motor en diagonal (MAM)
Mini 250	$\leq 250\text{mm}$
Super Mini 250	$\leq 330\text{mm}$
600 Standard	330mm - 600mm
1000 Gigante	600mm - 1000mm



Fig. 1. Diseño comercial de un cuadricóptero clase mini racer 180 [4].

Las estructuras de los cuadricópteros mini se conocen con las siglas FPV 250 que significa vuelo en primera persona por sus siglas en inglés (First Person View) y están construidas de materiales que cumplen los requisitos de peso, tamaño y resistencia que se necesitan para su aplicación de competencia; las estructuras comerciales son especialmente diseñadas en fibra de carbono, fibra de vidrio, fibra kevlar, aluminio y/o plástico [4-6].

En este trabajo se presenta el estudio mecánico de una estructura de un cuadricóptero de carreras clase mini para diseñarla con material compuesto formado por una matriz de resina poliéster 2001 y refuerzo de fibra de vidrio.

II. MARCO TEÓRICO

Un material compuesto es una mezcla de material fabricado a partir de dos o más materiales constituyentes con propiedades físicas o químicas significativamente diferentes, que cuando se combinan producen un nuevo material con características diferentes de los materiales individuales. El material compuesto está constituido de una matriz y un refuerzo el cual puede ser natural o sintético, ver Fig. 2. La elección del material recae en las propiedades que se buscan del material compuesto que se emplearía en la estructura del cuadricóptero. Este nuevo material puede asemejar su fuerza, resistencia y ligereza, así como ser más económico en comparación con los materiales comunes de los cuales son hechos [7-8].

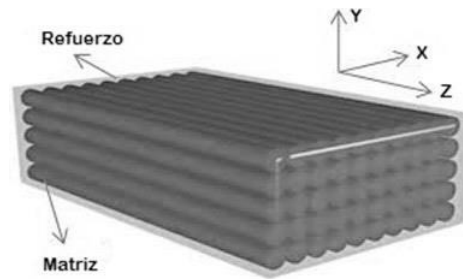


Fig. 2. Representación de un material compuesto.

Las fibras sintéticas de vidrio son filamentos continuos de polímeros termo plásticos de alto peso molecular obtenidos por procesos de síntesis química y pueden ser empleados en el sector automotriz, aviación, espacial, entre otros (ver figura 3). Los materiales compuestos que contienen un refuerzo de fibra de vidrio en una matriz de resina poliéster puede conseguir que al diseñar un frame o estructura de un dron, esté presente un peso mínimo, alta resistencia, ligereza, flexibilidad así como que es mucho más económica que la fibra de carbono [9-11].



Fig. 3. Fibra sintética de vidrio.

Los cuadricópteros de carreras deben tener las características de ser pequeños, ligeros, resistentes y potentes. La resistencia que ofrece el material seleccionado juega un papel importante, la estructura de un dron debe soportar condiciones de carga estática y dinámica sin ningún tipo de fractura [12].

III. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Para realizar el diseño de la estructura del cuadricóptero en SolidWorks, se consideró las propiedades mecánicas de la fibra de vidrio (ver Tabla II). De esta manera, las propiedades del material compuesto conformado por una capa de fibra de vidrio y resina poliéster 2001 se muestran en la Tabla III. Las propiedades del material compuesto de fibra de vidrio aportan en gran medida la disminución de peso y aumento en la resistencia del cuadricóptero, las cuales serán de importancia para el análisis mecánico de la estructura.

Tabla II. Propiedades de la fibra de vidrio SolidWorks.

Propiedad	N/mm ²
Modulo elástico	155.92
Límite de tracción	3400
Límite de compresión	1080
Límite elástico	17.75

Tabla III. Propiedades del material compuesto [10].

Propiedad	Fibra de vidrio/polyester
Densidad (g/cm ³)	2.46-2.58
Resistencia a la tensión (MPa)	40
Módulo de Young (GPa)	30

El diseño de la estructura del cuadricóptero de carreras clase mini fue modelado en SolidWorks y se emplearon los parámetros mecánicos de la Tabla III. En la figura 4 se muestra el diseño de la estructura del dron, las dimensiones de motor a motor son de 180 cm y existen zonas libre de material para aligerar el peso de la estructura.

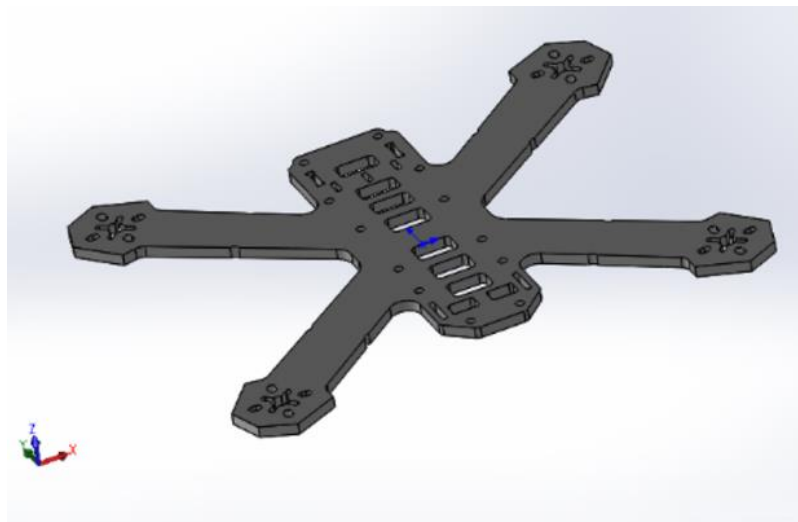


Fig. 4. Diseño de la estructura de un cuadricóptero de carreras clase mini.

Para determinar el esfuerzo y desplazamiento en la estructura del dron, se realizó un análisis estructural mediante elemento finito (ver figura 5). En la figura 5a se presenta el modelo de la estructura considerando sus propiedades del material y dimensiones. Se selecciona una región para generar un acercamiento de la estructura, en la figura 5b se observa el detalle del mallado de tipo sólido, es una malla basada en curvatura, empleado un mínimo de elementos cuadráticos de 4 puntos.

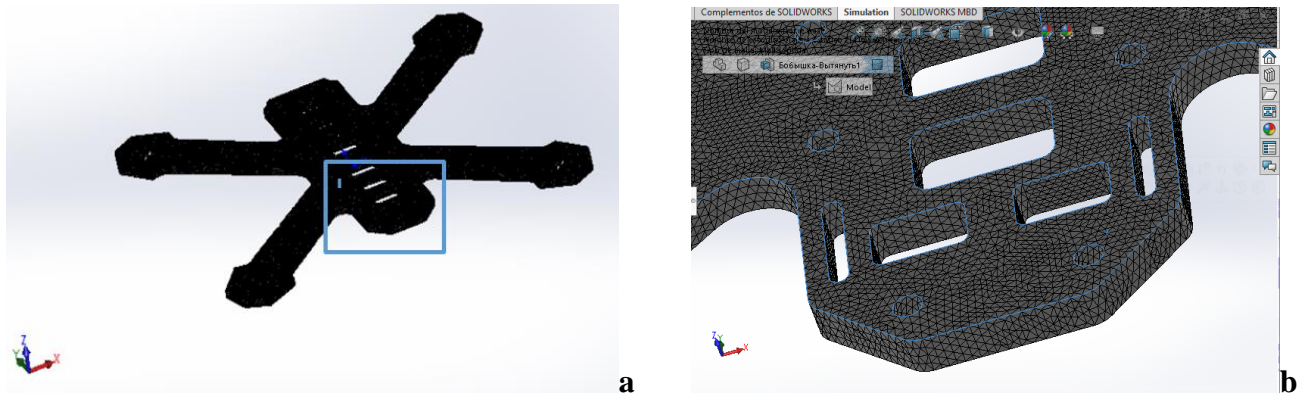


Fig. 5. a). Discretización de la estructura del quadricóptero, b). Acercamiento de la zona inferior del quadricóptero.

IV. RESULTADOS

Mediante el método de elemento finito se determinó el análisis estático del diseño estructural del quadricóptero. En el análisis de desplazamiento de la estructura se empleó la carga útil de 4.905 N concentrada en los extremos de los brazos y en dirección al eje Z. La figura 6, muestra la respuesta del desplazamiento donde los esfuerzos son mínimos. Por otra parte, en la figura 7 mediante el análisis de esfuerzos de Von Mises se observa una distribución homogénea del esfuerzo con un valor máximo de 9.93 MPa, mientras que el límite elástico del compuesto es de 17.75 MPa (ver Tabla II). El análisis de esfuerzo-deformación muestra que al emplear el empuje máximo de los motores en el quadricóptero de material compuesto no presentará una deformación permanente.

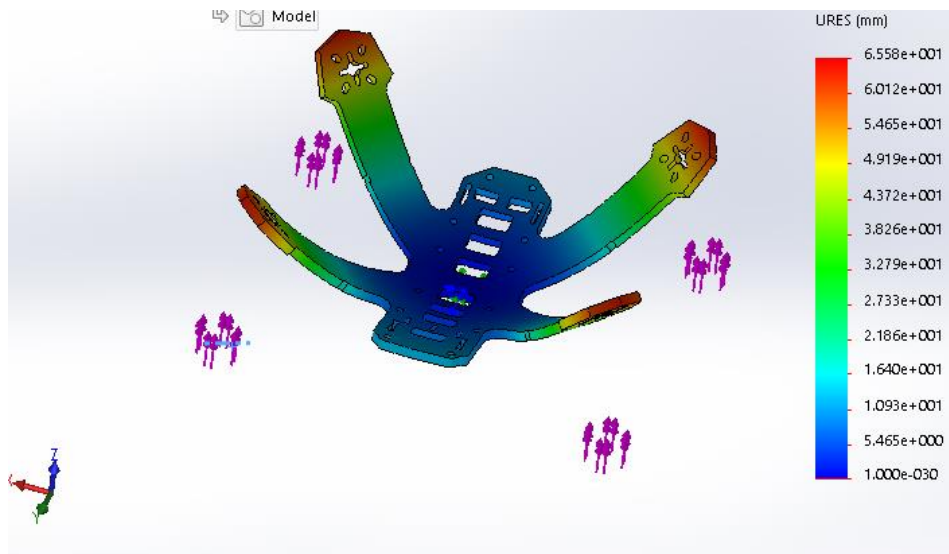


Fig. 6. Análisis de desplazamiento en estructura de quadricóptero mini.

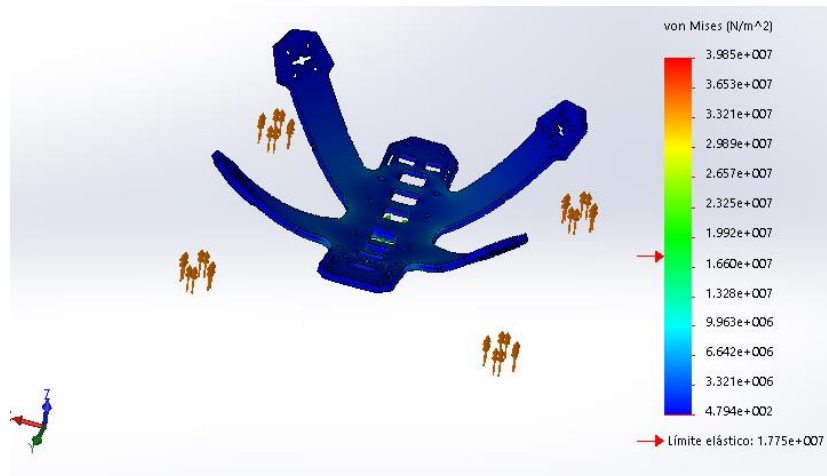


Fig. 7. Análisis de esfuerzos en estructura de cuadricóptero mini.

En base a los resultados obtenidos en el diseño mecánico, la estructura del dron mostrada en este trabajo mostró la factibilidad para su manufactura, debido a su estabilidad y resistencia. Se elaboró la estructura del cuadricóptero de carreras clase mini mediante el método hand lay up. El material compuesto conformado de la matriz de resina de poliéster y el refuerzo de fibra de vidrio fue fabricado en forma láminar. En la figura 11 se presenta el prototipo del cuadricóptero con los componentes necesarios, en la siguiente etapa se considera las pruebas experimentales de vuelo.



Fig. 8. Prototipo final del cuadricóptero mini racer 180.

V. CONCLUSIONES

En el análisis estructural del cuadricóptero de carreras clase mini se demuestra que el material compuesto propuesto cumple con las características de ligereza, resistencia, flexibilidad y bajo costo para ser utilizado en la fabricación de frames para cuadricópteros mini de carreras. El análisis de esfuerzos de Von Mises mostró que la mayor concentración esfuerzo no sobrepasa el límite elástico del material por lo que el frame aún después de aplicar las fuerzas regresa a su posición original sin presentar una deformación permanente. Se espera trabajar en el estudio dinámico de la estructura y en el control del cuadricóptero.

REFERENCIAS

- [1] R. Escamilla Nuñez (2010). Diseño, construcción, instrumentación y control de un Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV). Tesis. *ESIME-IPN*.
- [2] L. F. Real Martín (2013). Introducción a los UAV y una visita al salón de seguridad y defensa HOMSEC13. *Antena de Telecomunicación*. 14-21.
- [3] A. A. Casanova de los Santos (2015). Control difuso del quadrotor AR. Drone 2.0® para el seguimiento autónomo de trayectorias. Tesis. *UTM*.
- [4] Helipal. Recuperado el 20 de septiembre de 2017. From <http://www.helipal.com/storm-racing-drone-rtf-sdr180.html>.
- [5] Dronesdecarreras. Recuperado el 20 de septiembre de 2017. From <http://dronesdecarreras.com/normativa-para-carreras-de-mini-drones>.
- [6] Framescomerciales. Recuperado el 20 de septiembre de 2017. <https://fpvmania.es/mejores-frames-para-drones-de-carreras-2017>.
- [7] V. Vimal, S. Sriram, P. Ram, T. Manoj (2016). Design and fabrication of inclined arm miniature sized quadcopter UAV. *IOSR-JMCE*.13: 73-76.
- [8] Gay, D. Hoa, S. V. (2007). Composite Materials: Design and applications. 2 Edition. *CRC Press*.
- [9] Calvosealing (2017). Fibra de Vidrio tipo E. Propiedades. *CALVO SEALING*. 1-4.
- [10] R. Sandoval, R. Santillan (2015). Caracterización mecánica y simulación numérica en Ansys de compuestos reforzados con fibras naturales y sintéticas. Tesis. *ITESI*.
- [11] S. Poveda (2010). Representación normalizada de piezas de material compuesto. Lecturas Complementarias, Materiales Compuestos. *Universidad Politecnica de Madrid*.1-22.