

# Diseño de estructuras para vehículos aéreos no tripulados

M. García-Sánchez<sup>a</sup>, J. Flores-Troncoso<sup>a</sup>, S. Ibarra-Delgado<sup>a</sup>, R. Sandoval-Arechiga<sup>a</sup>, F. Ortega-García<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones Espaciales

<sup>c</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica.

Av. López Velarde 801, Col. Centro, Zacatecas, Zac., México, 98000.

*mi\_garcias@uaz.edu.mx, jflorest@uaz.edu.mx, salvador6407@hotmail.com,*

*rem.sandoval@gmail.com, francisko\_7rock@hotmail.com*

2016 Published by DIFU<sub>100ci</sub>@ <http://difu100cia.uaz.edu.mx>

---

## Resumen

En este trabajo se muestra el diseño y construcción de una estructura para vehículos aéreos no tripulados (VANT), como parte del desarrollo de trabajos de investigación en fotogrametría y estabilización en vehículos aéreos no tripulados.

*Palabras clave:* Drones, UAVs, VANTs, Diseño estructural.

---

## 1. Introducción

El sueño de volar. Los iniciadores habían estado volando globos y dirigibles desde 1783, pero un vuelo con algo más pesado que el aire "fue visto como la búsqueda de charlatanes", dijo Jim Tobin, autor de conquistar el aire: Los hermanos Wright y la Gran Carrera de Volar. "La idea del vuelo humano era el estándar imposible. Sin embargo, el sueño era demasiado convincente como para ignorarlo. Ya que en 1804, el inglés George Cayley identificó tres áreas de estudio para futuras investigación: la necesidad de conseguir despegar de la tierra, la propulsión para moverse una vez en el aire, y el control para permanecer en el aire[1].

Los primeros vuelos- En toda la historia de la invención probablemente no hay sin igual en la manera ostentosa en la que los hermanos Wright, de Dayton, Ohio, que dieron paso al mundo su invención en la primera

época exitosa de la máquina voladora. Su logro marcó un enorme paso hacia adelante en el arte de volar, que no era muy conocido, y era tan brillante que la duda en cuanto a que la verdad de la historia fue oculta; sobre todo porque los inventores se negaron, ya sea para conocer sobre la máquina o para hacer cualquier declaración sobre sus amplios detalles. El Científico Americano, sin embargo, escribió a sus diecisiete testigos oculares que habían visto los diferentes vuelos y que recibieron estas cartas de estos distinguidos residentes locales comentando el logro que habían alcanzado mas por encima de la duda que inicialmente se tenía. Desafortunadamente, el mundo aeronáutico extranjero no le dio la importancia a los hechos de este modo, que se dieron a conocer; y cuando Alberto Santos-Dumont hizo su vuelo durante algunos cientos de pies en Europa, le dieron el crédito por haber hecho el primer vuelo con éxito[2].

Alternamente al desarrollo de vehículos aéreos de

ala fija, en la última mitad del siglo XIX muchos inventores se enfocaron en el desarrollo de helicópteros. Este fue un progreso práctico, pero no un vehículo exitoso. El problema fue que dejaban de lado qué el vehículo fuera barato, creíble y liviano. Se sabe que existieron un sin número de intentos de uso de la máquina de vapor. W.H. Phillips (Inglaterra, 1842) fue quien construyera el modelo de la máquina de vapor. Viscomte Gustave de Ponton d'Amercourt (Francia, 1863) construyó un modelo pequeño de la máquina de vapor, él inventó la palabra "helicóptero". Aphonse Penaud (Francia, 1970) Experimentó con estos modelos. Enrico Forlanini (Italia, 1978) construyó una máquina voladora con un peso de 3.5 kg, está era accionada por una máquina de vapor. Thomas Edison (Estados Unidos, 1880), experimentó con estos modelos. Él reconoció que el problema era que se estaba omitiendo la máquina adecuada. Edison concluyó que no sería capaz de volar hasta que existiera una máquina con una capacidad de 1 o 2 kg/hp. Estos fueron los modelos que daban el inicio de la búsqueda del problema de adecuar un suministro de energía sostenible para el vuelo[3].

Alrededor de 1910 cuando la carrera de la aviación parecía ser muy promisoría, el ruso Igor Ivánovich Sikorsky sucede el hecho que desde su niñez a principios de esa década había estado influenciado por los modelos de máquinas voladoras plasmados en los diseños de Leonardo da Vinci. Para abril de 1909, Sikorsky había estudiado docenas de planos de aviones que había encontrado en París, en esos momentos fascinado, él creía convincentemente en la esperanza del concepto del "helicóptero". En ese tiempo el conoció a los pioneros de la aviación, los capitanes Ferdinand Feber y Louis Bleriot, siendo el primero quien advirtió a Sikorsky lo siguiente "No desperdices tu tiempo en helicópteros, el avión será mas valorado", Sikorsky entonces compró una máquina Anzani de 25 caballos de potencia, luego regreso a Kiev en Ucrania donde construyó su primer modelo de hélice no tripulado, nombrado H1. Después de una mejora a su prototipo, desarrolló el H2, pero por alguna razón decidió enfocarse a aeroplanos[4].

Desde 1929 Sikorsky retomó su idea inicial y diez años después ya tenía su primer prototipo nombrado el VS-300, un helicóptero capaz de ser controlado por la persona que lo tripulaba, marcando un tiempo record de vuelo de 90 minutos, al observar la filmación del staff y el movimiento percibido de la aeronave observó algunos problemas de control que enseguida corrigió[5].

Hoy en día tenemos distintos tipos de artefactos voladores en tamaño y en peso, impulsados por combustible o por baterías siendo estos últimos los que generalmente son conocidos como vehículos aéreos no tripulados

o drones. Son muchas las preocupaciones para poder mantener en vuelo por determinados periodos de tiempo a estos vehículos. En este documentos se busca mostrar el diseño y construcción de una estructura para un helicóptero de cuatro motores, comúnmente conocido como cuadrotor o dron<sup>1</sup>. Con el objetivo de minimizar su peso y además optimizar su funcionalidad para contener dispositivos necesarios para el control de vuelo.

## 2. Estructuras y materiales

El desarrollo más notable en las estructuras de los vehículos aéreos será la reducción de tamaño (miniaturización) y el uso de materiales multifuncionales. Aunque existen muchos avances en materiales de manufactura que están permitiendo la accesibilidad a los vehículos aéreos, no todos los beneficios son exclusivos de estos. La próxima generación de estas aeronaves requerirán de materiales livianos y de bajo costo. El diseño y construcción de un vehículo es direccionado por las consideraciones de un rango de modos de fallas, tales como excesiva deformación elástica, flexiones, ondulaciones, fracturas, fatigas, corrosión o daño por impacto. Se han identificado cuatro áreas que serán esenciales para futuros desarrollos en vehículos aéreos no tripulados. Estas cuatro áreas requerirán de investigación y desarrollo básica hasta la realización de pruebas. A continuación observamos estas cuatro áreas:

- Definición del diseño del entorno en el cual el futuro VANT operará, incluyendo definición de carga, requerimientos de confiabilidad y aeroelasticidad.
- Reducción de costos de manufactura para los componentes de la aéreo-estructura, incluyendo avances en materiales compuestos y materiales multifuncionales.
- Mejoramiento del proceso de diseño para soportar la reducción del tiempo de ciclo, prototipos rápidos y bajos costos de fabricación.
- Monitoreo del buen funcionamiento, controles no vedosos, detección de tecnologías, incluyendo sistemas microelectromecánicos, nuevos sensores y actuadores.

Cada uno de estas áreas requerirá de una mejor comprensión del proceso y fenómenos implicados, así como una predicción más confiable de interacciones entre los elementos del proceso o dispositivo[6].

<sup>1</sup>Del origen griego, **dhren**, imitación de sonido producido por un abejorro o abeja zángano

### 3. Proceso de diseño

Los vehículos aéreos no tripulados requieren de una estructura para distribuir sobre esta los componentes necesarios para la operación del aeronave. Así mismo conforman el soporte principal de la aeronave llamado también armadura.

La armadura es uno de los principales tipos de estructuras que se usan en la ingeniería. Esta proporciona una solución práctica y económica para muchas situaciones de ingeniería, en especial para el diseño de puentes y edificios. La mayoría de las estructuras reales están hechas a partir de varias armaduras unidas entre sí para formar una armadura espacial. Cada armadura está diseñada para soportar aquellas cargas que actúan en su plano y, por tanto, pueden ser tratadas como estructuras bidimensionales. Los elementos de una armadura, por lo general, son delgados y sólo pueden soportar cargas laterales pequeñas; por eso todas las cargas deben estar aplicadas en los nodos y no sobre los elementos. Las armaduras rígidas no siempre son simples, incluso cuando parecen estar hechas de triángulos. El procedimiento de agregar elementos a una armadura en el que la resultante será rígida cada vez que se agreguen nuevos elementos, éstos se unen a nodos ya existentes y además se conectan entre sí en un nuevo nodo. Una armadura que se construye de esta forma recibe el nombre de armadura simple. Cuando varios elementos rectos se unen en sus extremos para formar una configuración tridimensional, la estructura obtenida recibe el nombre de armadura en el espacio o espacial[7].

Los brazos del cuadricoptero son de las partes más importantes, ya que estos son extensiones de la estructura y además en ellos van ensamblados los motores, estos deben de ser lo suficientemente resistentes, soportar la torsión de la carga, al mismo tiempo ligeros y aerodinámicos para no tener problemas de estabilidad al momento de elevar el cuadricoptero.

La dimensión promedio para que un cuadricoptero maniobre en forma eficiente es de 450 milímetros, aunque existen medidas que redundan alrededor de esta, la mayoría de la literatura refiere a la ya mencionada medida[8][9]. Con esta definición estándar en la que las medidas se toman del eje de giro de cada motor hacia el motor del lado opuesto, se procede a diseñar la estructura en forma de "X", aunque existen otras configuraciones para cuatro motores, como lo son "+" o "V" se procedió con la selección ya que es un diseño muy común.

### 3.1. Diseño

Con la ayuda del software Sketchup<sup>2</sup> creamos los modelos de los brazos para que posteriormente fueran generados en una impresora 3D. A continuación se muestran las figuras 1 y 2, en las que se puede apreciar el diseño obtenido. Se puede observar como se han dejado espacios semi-ocultos bajo la estructura en los que se pueden adaptar dispositivos como pueden ser los controladores de velocidad.

### 4. Diseño del sistema

El diseño de la estructura permite proteger los cables de alimentación de los motores, quedando de igual forma que el controlador de velocidad. El diseño de la cara superior esta construido de forma que perita el flujo de aire, minimizando la fricción entre los nodos de la estructura.

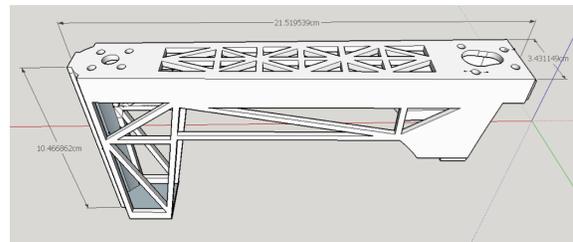


Figura 1. Modelo de brazo vista lateral

Inicialmente se busca una funcionalidad en el diseño, la siguiente parte es la elección del material que se usará en la construcción, en este caso se eligió un polímero termoplástico del tipo ABS, el cuál tiene un módulo de Young en un rango de 1.1 y 2.9 KPa, con este material se busca tener una vibración mínima en la estructura[10]. Esta vibración es una resonancia natural de frecuencia que se provoca por el funcionamiento de los motores y se calcula con la siguiente formula:[11].

$$f = \sqrt{(3EI/L^3 M)}/2\pi \text{ Donde:}$$

$f$  es la frecuencia natural.  $E$  es el módulo de Young.  $I$  es el momento de inercia de la sección.  $M$  es la masa del sistema de motor.  $L$  es la longitud del brazo.

<sup>2</sup>Software de versión de pruebas de la empresa google®.

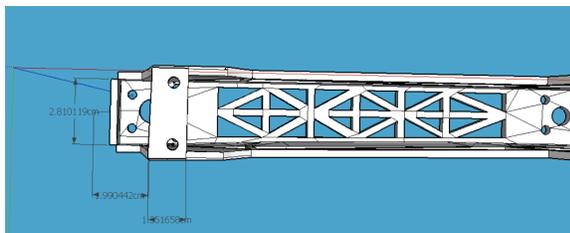


Figura 2. Modelo de brazo vista inferior

La construcción de una estructura propia podrá ser implementada en los prototipos ya existentes (ver figura 3), y será compatible en su totalidad para colocar todos los dispositivos requeridos por el vehículo.



Figura 3. Prototipo de pruebas armado

#### 4.1. Conclusiones

En el presente trabajo se ha mostrado el diseño y construcción de una estructura para dron, en este sentido, se puede observar como se pueden obtener estructuras más adaptadas a las funcionalidades específicas de cada proyecto de investigación en particular. Con lo anterior se puede referir que tendremos mas protección en los elementos que puede contener el vehículo aéreo no tripulado. De esta forma podemos dejar un esquema básico para el diseño adaptable para futuras investigaciones.

#### Referencias

- [1] Curry, A. 135, 8. TAKING FLIGHT, pp. 135, 2003.
- [2] 50, 100 & 150 Years Ago, Scientific American, Vol. 295, 2006.

- [3] J. Johnson *et al*, "HELICOPTER THEORY". Dover Publications, Inc., 1980.
- [4] I. Sikorsky , "The Sikorsky Legacy". Arcadia Publishing, 2007.
- [5] K. Moore , Sikorsky's blurred vision, Professional Engineering, pp. pp.63, 2001.
- [6] Uninhabited Air Vehicles: Enabling Science for Military Systems, Publication NMAB, pp. 50-51, 2000.
- [7] Beer, F., E. Jhonston y E. Eisenberg , Mecánica vecyorial para ingenieros: estática, Mc Graw Hill, 8<sup>a</sup> Ed., 2007.
- [8] "Drones - ACG Drone", ACG Drone, 2016. [Online]. Available: <http://www.acgdrone.com/drones/>. [Accesado: 19- jul- 2016].
- [9] "Cuadrícóptero hechos a mano", Horizontech.ru, 2016. [Online]. Available: <http://www.horizontech.ru/ru/uav/poleznye-stati/54-rama-dlya-kvadrokoptera-svoimi-rukami>. [Accesado: 19- jul- 2016].
- [10] Materials data book, Cambridge University Engineering Department, 2003.
- [11] Fernandez, A., Basic structural dynamics in multicopters, Aerospace Engineer at AIRBUS, 2014.