

# Capítulo 3:

## Componentes Utilizados.

Elegir los componentes que se utilizarían en el prototipo fue una tarea difícil. Fue tardado encontrar un punto de partida. Una tienda de aeromodelismo ubicada en México DF fue el primer punto de partida, para conseguir material y componentes comerciales y a un precio accesible. La lógica que se utilizó fue usar motores y hélices de helicópteros a control remoto que tuvieran  $\frac{1}{4}$  del peso total de nuestro prototipo. Se fijó un peso base de 600 gramos para el prototipo y por lo tanto se hizo una primera compra de 4 motores de DC con escobillas de 9 volts, así como 4 hélices de plástico de 6x4.5 pulgadas. Más adelante se explicara el desarrollo de la tesis y un poco más de los problemas que se encontraron con los primeros prototipos. A continuación se profundiza en los componentes finales que se eligieron para hacer volar el prototipo, justificando su elección, y proporcionando sus características y datos esquemáticos.

### **3.1 Motores.**

Elegir los motores fue lo primero que debimos de haber hecho en un principio, y en base a esto elegir todo lo demás, incluyendo el diseño en sí. La elección de los motores define la elección en los demás componentes ya que primero se debe de saber la velocidad angular del motor para así definir el tamaño de las hélices. Se debe de conocer primero

también el voltaje requerido por el motor, junto con la corriente que demanda, para en base a eso elegir la batería adecuada. Del mismo modo se deben conocer las dimensiones y peso del motor antes de diseñar algún brazo que sujete al mismo. Después de definir que se necesitaría hacer uso indispensable de motores brushless (sin escobillas) para levantar el vehículo, se pidieron cotizaciones en distintas tiendas de aeromodelismo. Fue un problema ya que son motores relativamente nuevos, y por lo mismo fue difícil encontrar tiendas que los tuvieran disponibles. Las tiendas que sí tenían este tipo de motores tenían precios demasiado altos y salían del presupuesto con el que se contaba.

Por tal motivo, se buscaron proveedores fuera del país, dedicados enteramente al aeromodelismo y radio control, y más específicamente, a los helicópteros. Uno de ellos, DragonFly Innovations Inc. <sup>1</sup>, creadora del *Quadrotor DragonFlyer*, tenía disponible una amplia gama de motores brushless. Como se dijo anteriormente, se buscaban motores con capacidad de carga igual o mayor a  $\frac{1}{4}$  del peso total establecido. Teniendo en mente que se fabricaría un vehículo de alrededor de 600 gramos, se enfocó la búsqueda principalmente en motores que tuvieran una capacidad de carga mayor a 150 gramos. Se encontró uno de marca HIMAX modelo HC2812-0650 cuya capacidad oscilaba entre 500gr y 850gr de acuerdo con sus especificaciones.

---

<sup>1</sup> DragonFly Innovations Inc. Proveedor de Accesorios de helicopteros de Radio Control.  
<http://www.rctoys.com/>



Figura 3.1: Motor Brushless HIMAX 0650.

Se eligieron estos motores porque sobrepasaban las capacidades de carga requeridas. Dentro del catálogo de motores que tenía la página, estaban en un rango medio entre de capacidades de carga. En el *Anexo A* se puede ver con más detalle el motor y sus especificaciones. También se modeló el motor en 3D en SolidWorks con fines de ver su ensamble en el diseño que se comentará más adelante.

Motor HIMAX 0650	
<b>Potencia</b>	150 W
<b>Consumo de Corriente</b>	10 A
<b>Peso</b>	64g
<b>Tamaño Hélices</b>	9x5 - 12x6
<b>Rm</b>	0.285 ohm
<b>Io:</b>	0.36
<b>Carga máxima</b>	850gr
<b>RPM máx</b>	20,000

Tabla 3.1: Características Motor HIMAX.

El motor incluye ya varias partes para fijar el motor a una base dependiendo de cómo se desea fijarlo. También incluye unos pines, tornillos, ligas, horquillas y unos spinners para fijar la hélice a la flecha.

### 3.2 Controladores Electrónicos de Velocidad.

Habiendo escogido esos motores de 100 watts de potencia, se tenían que elegir unos controladores electrónicos de velocidad (ESC's) que tuvieran la capacidad de corriente continua igual o mayor a la del motor, 10 A. Sin embargo, en las especificaciones del motor dice que éste consume 11 A durante un máximo de 15 segundos al arranque para romper el momento de inercia. En la tienda, había ESC's para un máximo de corriente de 10 A, que podría haber servido, pero también se pudo haber quemado si hubiesen picos de corriente. Por lo tanto se eligió comprar el siguiente modelo, el siguiente en el rango de capacidad. Se eligió el ESC de marca y modelo: *Castle Creations Phoenix 25 Brushless Motor Speed Controller*, cuya capacidad es de 25 A. Esta capacidad sobrepasa la demanda de corriente del motor, por lo que se puede contar que el ESC está a salvo.



Figura 3.2: Castel Creations Phoenix 25 ESC.



Figura 3.3: Circuito de ESC.

### 3.3 Hélices.

En el capítulo anterior se explicó la teoría de vuelo de los QuadRotors, donde se aclaraba la necesidad de girar dos motores en un sentido y los otros dos en el otro sentido. Sin embargo, aun girando los motores en sentido opuesto se debe de generar la misma fuerza de elevación. Para lograr esto se tienen que utilizar hélices de paso invertido. Es decir, las 4 hélices deben de ser de la misma medida de diámetro, deben tener el mismo perfil, pero 2 de éstas deben de estar invertidas.

El motor que se eligió especificaba que la máxima hélice que podía soportar era de 12x6, es decir, de 12 pulgadas de diámetro por un paso de 6 pulgadas. Buscando dentro de la misma página de internet, se encontraron unas hélices prácticamente hechas a la medida, eran las más grandes en la escala de rango. Las *Dragonfly Innovations 12x4.5 Counter Rotating Pair RC Helicopter Propellers* fueron las hélices elegidas. Estas helices se venden en pares, y se entrega una cuyo giro es con las manecillas del reloj, y otra cuyo giro es en contra de las manecillas del reloj. Se compraron 2 pares, para así completar las 4 hélices.



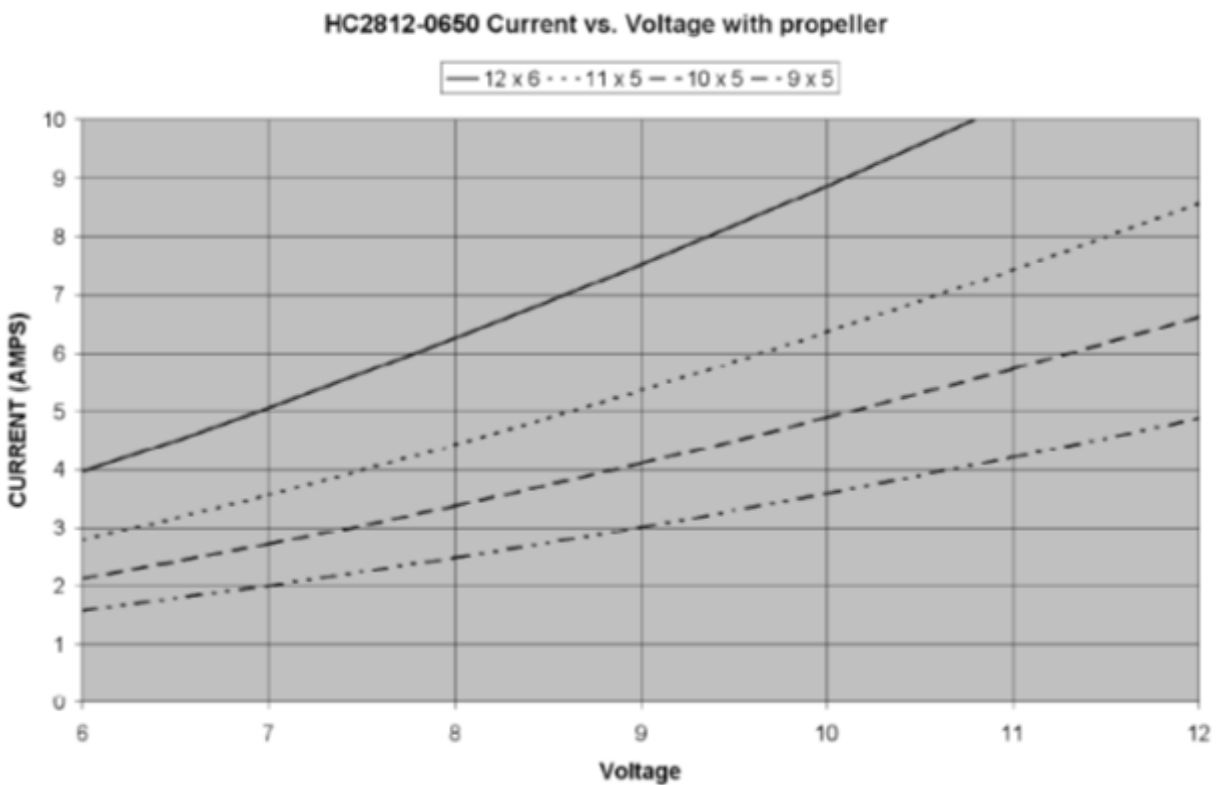
**Figura 3.4: Hélices de Paso Invertido 12x4.5**

Cabe resaltar que sin tener estas hélices no habría sido posible la realización del proyecto de tesis ya que el vehículo jamás se hubiera levantado. Este tipo de hélices son muy escasas y por lo mismo son difíciles de encontrar, su precio sin embargo, no es muy alto.

### **3.4 Batería.**

La batería fue algo un poco difícil de elegir. Se tuvieron que hacer varios cálculos para definir la batería necesaria. Era claro que tendríamos que adaptarnos a alguna batería ya comercial debido a que crear alguna con las especificaciones que necesitásemos sería algo demasiado costoso. Para elegir la batería se tenía que tomar en cuenta que irían los 4 motores conectados a esta batería y que debería tener la capacidad de soportar a los 4 simultáneamente. Es decir, los 4 motores irían conectados en paralelo con la batería. En el manual de uso del motor, venían todas las corrientes que podía consumir el motor, así como una relación de demanda de voltaje y consumo de corriente dependiendo de la hélice

que se pusiera de carga. Se puede consultar el *Anexo A* para ver las características del motor. El manual muestra que el motor tiene una corriente eficiente de operación de entre 2 – 8 A, y una demanda máxima de corriente de 11 A durante un máximo de 15 segundos al arranque. Por lo tanto, si se habrían de conectar los 4 motores en paralelo, significa que se tendría una máximo de corriente de de:  $I_{\max} = 4 (11 \text{ A}) = 44 \text{ A}$ . Se debería conseguir una batería con capacidad superior a los 44 A. Nótese la siguiente tabla:



**Figura 3.2: Corriente vs Voltaje de Motor Brushless.**

En la tabla podemos observar las gráficas de corriente vs voltaje para el motor que se usará si es que tuviera las hélices que se muestran. Aunque no se encuentra la gráfica para la misma hélice que se compró (12 x 4.5) la más similar es la primera. En ella podemos ver que si se tuviera una batería de LiPo de 7.4 v, que sí es comercial, entonces el

motor demandaría alrededor de 5 amperes para su operación. En cambio si la pila 11.1 v, el siguiente valor comercial, entonces el motor necesitaría una corriente mucho mayor, que ni siquiera se puede apreciar en la gráfica.

Entonces se buscó una pila de 7.4 v que se adecuara con las necesidades que tendrían los 4 motores conectados. Es decir, debíamos buscar una batería que mínimo tuviese una corriente máxima continua de 44 A, pero lo mejor sería buscar alguna que superara esta variable en un factor de 0.5 para asegurar una mejor vida de la pila y más tiempo de duración de vuelo.



Figura 3.3: Batería de LiPo.

Finalmente, se eligió la *Thunder Power RC Pro Power 30 C 2250 mAh 7.4v 2 Cell LiPo Battery*, cuyas características se muestran a continuación:

<b>Batería de LiPo 2S2250 de 7.4 v</b>	
<b>Numero de Celdas</b>	2
<b>Capacidad</b>	2250 mAh
<b>Voltaje</b>	7.4 v
<b>Descarga Máxima Continua</b>	30 C
<b>Descarga Máxima Explosiva</b>	60 C



<b>Corriente Máxima Continua</b>	68 A
<b>Corriente Máxima Explosiva</b>	135 A
<b>Peso</b>	124 g

Tabla 3.2: Especificaciones de Batería.

Con estos datos, y teniendo también los datos del motor, se puede calcular el tiempo teórico de vuelo que tendría nuestro vehículo. Si tenemos que:

- El amperaje máximo de los motores es de 60 A.
- La capacidad de la batería es de 2250 mAh (mili amperes por hora).

Entonces:

$$\text{Tiempo [horas]} = \text{Capacidad de la batería [amps]} / \text{corriente de motores [amps]}$$

$$= 2.250/60 = 0.0375 \text{ horas} = \mathbf{2.25 \text{ minutos!}}$$

Evidentemente este tiempo de vuelo sería ridículamente corto, pero se espera que la corriente promedio de los motores no llegue a sus máximos y por lo mismo, tengamos un mayor periodo de vuelo. Cabe resaltar que es un buen tiempo, si se considera, del Anexo B que la batería de 7.4 v con mayor capacidad es de 5 A. Al doble del precio, se puede conseguir el doble de tiempo de vuelo.

Al final se acabaron pidiendo todos estos componentes de Dragonfly Innovations Inc.

Producto	Precio	Cantidad	Subtotal
<b>Himax HC2812-0650 Brushless Outrunner Motor</b>	\$63.95	4	\$255.80
<b>Castle Creations Phoenix 25 ESC</b>	\$67.95	4	\$271.80
<b>Dragonfly 12x4.5 Counter Rotating Propellers</b>	\$7.95	2	\$15.90
<b>Thunder Power RC Pro Power 30C 2s2250 7.4v</b>	\$129.94	1	\$129.94
<b>Total</b>			<b>\$673.44</b>

Tabla 3.3: Pedido de Componentes.