

Practica Profesional Supervisada

Rediseño y armado de cuadricóptero QA3 Mini

15 de Noviembre de 2015

Profesor: Luis Olivero

Tutor: Claudio Paz

Docente supervisor: Gonzalo Fernando Perez Paina

Alumno

Báez, Jeremias

Legajo

57988

1. Introducción

Se plantea como tarea a desarrollar durante la práctica profesional supervisada el rediseño, compra de materiales y armado de un cuadricóptero de bajo costo para luego ser utilizado en tareas de desarrollo e investigación dentro del Centro de Investigación de Informática para la Ingeniería CIII dentro de nuestra facultad. Está prevista la producción de tres unidades denominadas QA3 Mini.

El mismo será basado en los distintos modelos previamente utilizados y desarrollados en prototipo, teniendo en cuenta los errores de diseño (previamente identificados en el modelo anterior) realizando las correcciones necesarias para los modelos nuevos. Luego se procederá a verificar el correcto cálculo de la selección de los motores y las hélices mediante un ensayo en un banco de pruebas.

El método para la compra de los materiales necesarios para el armado es el de concurso con presupuesto de 3 proveedores distintos, una vez definida la lista de materiales necesarios luego de la etapa de diseño. Una vez hecha la compra de los componentes y materiales se procede a ensamblar el modelo final, como se puede observar en la Fig 1.



Figura 1: Quadrotor modelo QA3 Mini.

2. Diseño mecánico y cálculo de payload

Inicialmente se rediseñó el modelo y se generaron los planos necesarios en Autocad. Se puede observar que los componentes se pueden identificar en dos grupos generales. El primero es el de los 4 brazos, cada uno formado por el tren de aterrizaje, el par motor-hélice fijado al brazo por un soporte, el brazo mismo de aluminio, y los módulos ESC montados cercanos al cuerpo central. El cableado de los motores va por adentro del brazo de aluminio. El segundo grupo de componentes que conforman el cuerpo central, sobre el que se montan los 4 brazos, la placa de control, las baterías y cualquier otro componente electrónico con el que se deseen realizar estudios o mediciones.

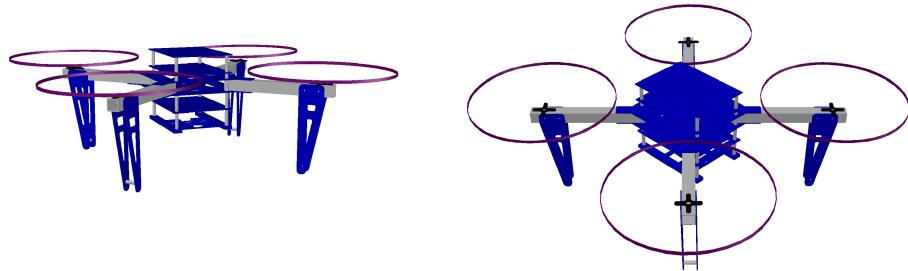


Figura 2: Renderizado 3D QA3 Mini.

A partir de este modelo observado en la Fig. 2 se generó la lista de materiales necesarios para comprar y se procedió a realizar el cálculo del peso del mismo para luego verificar que el sistema de propulsión sea capaz de vencerlo en la operación normal de vuelo. Comenzamos por los materiales sólidos que conforman el marco a partir de los datos de los planos.

- **Pertinax:**

$$Volumen = \text{Área} * \text{Espesor} = 254632,036[\text{mm}^2]$$

$$\text{Densidad} = 0,0012[\text{g}/\text{mm}^2]$$

$$\text{Peso} = \text{Volumen} * \text{Densidad} = 305,56[\text{g}]$$

- **Caño de aluminio cuadrado (brazo):**

$$\text{Peso} = 0,35[\text{g}/\text{mm}] * 800[\text{mm}] = 280[\text{g}]$$

- **Caño de aluminio circular (separadores):**

$$\text{Peso} = 0,045[\text{g}/\text{mm}] * 120[\text{mm}] = 16,2[\text{g}]$$

- **Cable:**

$$\text{Longitud} = 12 * 0,25[\text{m}] = 3[\text{m}]$$

$$\text{Peso} = 15,763[\text{g}/\text{m}] * 3[\text{m}] = 47,289[\text{g}]$$

Una vez calculado el peso de los materiales parciales mecanizados, procedemos a calcular el peso total con los componentes comprados que van montados sobre la estructura. En la tabla de la Fig. 3 se puede observar el peso total obtenido.

Pertinax	305,56[g]
Caño cuadrado	280[g]
Caño circular	16,2[g]
Cable	47,289[g]
Baterías(3)	510[g]
Motores (4)	240[g]
ESC (4)	80[g]
IMU	60[g]
PESO TOTAL	1539,49[g]

Figura 3: Tabla de cálculo de peso total

Finalmente se considera con una predicción pesimista con un margen del 20% que el peso final del QA3Mini ensamblado será de aproximadamente unos $1850[g]$.

3. Ensayo de empuje de los motores

El siguiente paso previo al ensamblaje fue el ensayo de medición de empuje de salida del conjunto ESC-Motor-Hélice, se busca caracterizar la relación entre porcentaje de señal de comando (Throttle), velocidad de salida del motor y empuje generado por el mismo.

Se utilizó como instrumento de medición de velocidad de salida el dispositivo desarrollado en [1]. En la figura 4 se puede observar el diagrama en bloques del tacómetro. El mismo mide la velocidad de salida en RPM a partir de dos de las tres fases de tensión aplicadas a los motores.

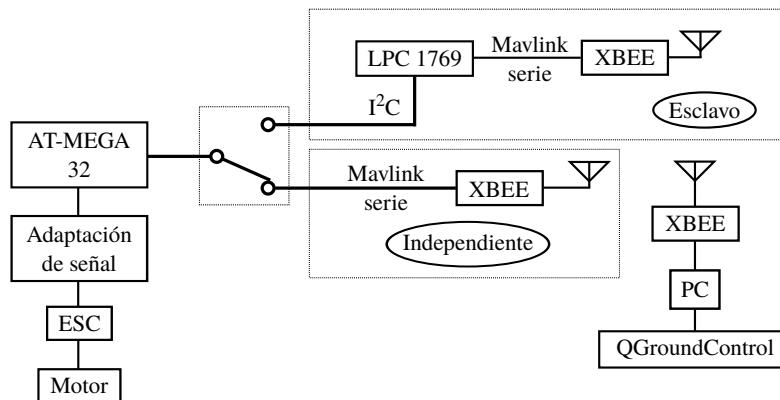


Figura 4: Diagrama en bloques del dispositivo utilizado para la medición de velocidad.

Para completar la caracterización del empuje de salida se monta un balancín con una balanza digital en un extremo y el mismo motor y hélice en el otro extremo. El esquema completo se puede observar en la figura 5.

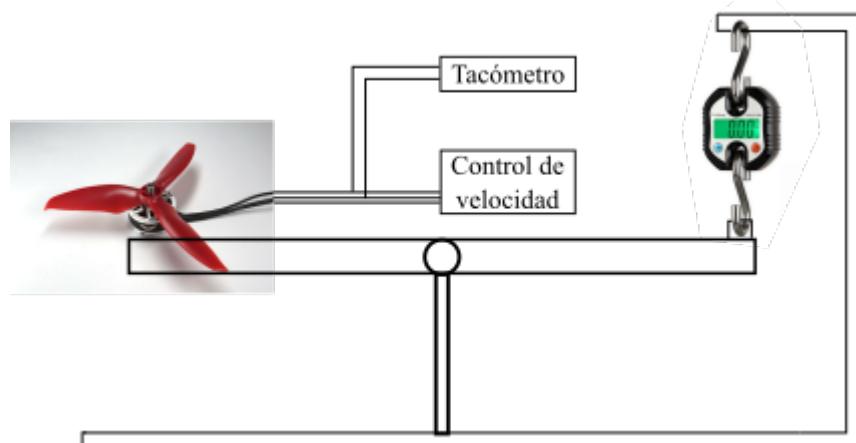


Figura 5: Ensayo completo de medición

En la figura 6 se pueden observar fotos del ensayo real realizado en el laboratorio.



Figura 6: Fotos del ensayo realizado.

Throttle [%]	Velocidad [rpm]	Empuje [g]	Tensión batería [V]
5	1050	0	12,5
10	1800	45	12,48
15	2370	80	12,45
20	2800	115	12,41
25	3150	160	12,38
30	3540	200	12,32
35	3800	240	12,28
40	4070	275	12,23
45	4350	315	12,17
50	4600	360	12,13
55	5000	410	12,01
60	5200	465	11,93
65	5500	520	11,89
70	5700	570	11,59
75	6000	625	11,57
80	6150	675	11,43
85	6350	730	11,3
90	6600	780	11,16
95	6650	810	11,05
100	6670	815	11

Figura 7: Tabla de datos relevados del ensayo para ESC Hobbywing Skywalker Quattro

El procedimiento consiste en tabular el Throttle de 0 % a 100 % con incrementos de 5 % y obtener los valores obtenidos en velocidad y empuje de salida. Los mismos pueden variar al cambiar los tipos de motores, los tipos de controladores ESC, o las hélices y su tipo de montaje sobre los motores (bandas elásticas o conos mecanizados). En las figuras 7 y 8 se

pueden observar las tablas con los resultados obtenidos con dos controladores de velocidad diferentes, y en la figura ?? se puede observar la característica relevada de empuje de salida vs. velocidad de giro de los motores

Throttle[%]	Velocidad [rpm]	Empuje [g]	Tensión batería [V]
5	1260	25	12,43
10	1950	60	12,4
15	2500	100	12,38
20	2950	135	12,36
25	3350	180	12,32
30	3650	215	12,27
35	3950	260	12,22
40	4200	300	12,19
45	4450	340	12,12
50	4700	375	12,07
55	4950	425	12
60	5200	505	11,91
65	5500	545	11,78
70	5750	600	11,65
75	6000	650	11,53
80	6250	705	11,43
85	6400	760	11,38
90	6700	840	11,4
95	6700	830	11,13
100	6700	830	11,1

Figura 8: Tabla de datos relevados del ensayo para ESC RC Timer 20A

4. Resultados

Con los datos obtenidos de las curvas características relevadas del sistema, que se pueden observar en la figura 9 se puede concluir que el diseño ha sido exitoso, al tener como empuje máximo $810[g]$ por motor (en el peor de los casos), dandonos un total de empuje máximo con los cuatro motores de $3240[g]$. Se considera como empuje mínimo necesario para tomar vuelo, el 20 % del peso total del cuadricóptero, por lo tanto consideramos como peso total $1540[g] \times 1,2 = 1850[g]$.

Con este valor podemos llegar a la conclusión de que nos quedan disponibles $1390[g]$ de empuje disponible utilizable, ya sea para mayor velocidad y aceleración de desplazamiento en vuelo o agregar componentes extras (periféricos, instrumentación, sensores, luminarias) sobre el QA3Mini, teniendo solo como contrapunto el tiempo efectivo de vuelo al existir mayor demanda de corriente de las baterías que alimentan al mismo.

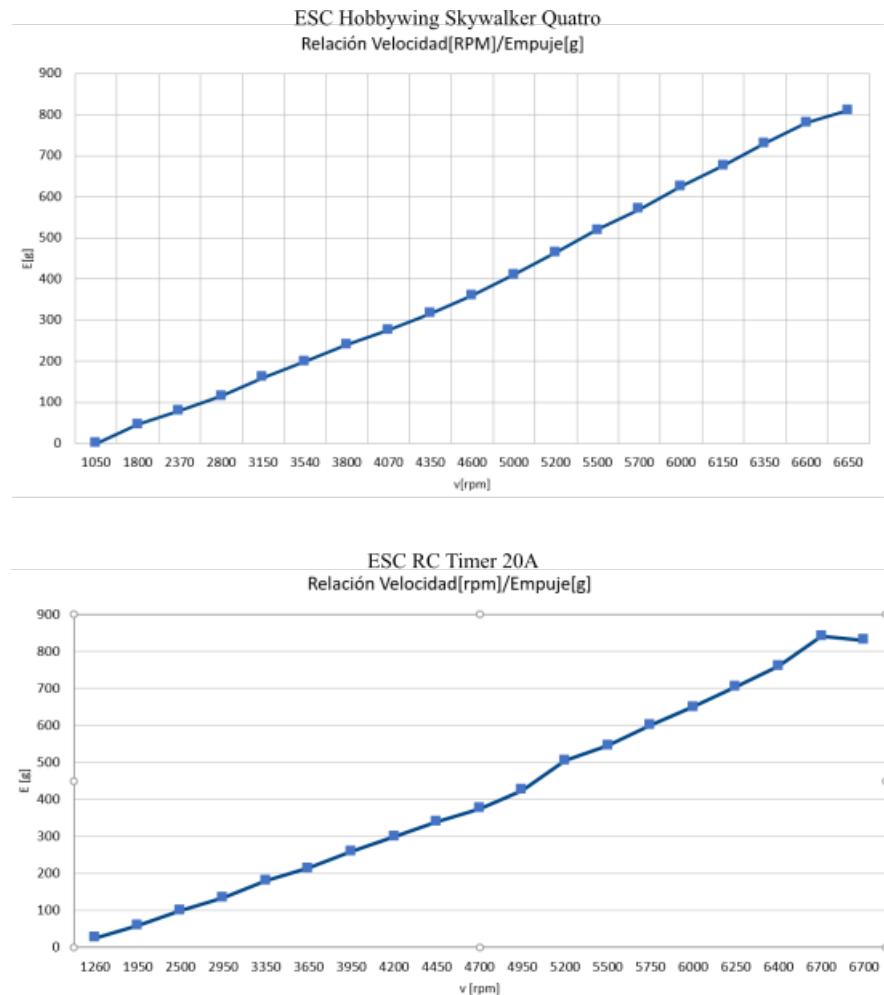


Figura 9: Curvas características correspondientes a cada conjunto testeado

Finalmente se lograron construir 2 de las 3 replicas previstas por falta de componentes, ambas quedando en funcionamiento en el laboratorio del Centro de Investigación de Informática para la Ingeniería.

Referencias

- [1] INFANTE G., BÁEZ CARBALLO, J., DÍAZ BÁEZ F. y CAVENIO C. *Módulo Tacómetro para Motores Brushless*, Paper congreso UEA 2014, Córdoba, Argentina
- [2] CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE INFORMÁTICA PARA LA INGENIERÍA, PROYECTO QA3, <http://ciii.frc.utn.edu.ar/ProyPID2011QA3>