Alumna: Estefania Mancioc
Tutor: Òscar Garcia Pont

Física de un quadcóptero

Presentación
El avance de la tecnología hace posible que la clase media disponga de distintos aparatos a precios más o menos asequibles. Esto me ha permitido responder de forma palpable la pregunta que muchos nos habremos hecho y es que cómo consiguen volar los famosos Drones.

Estos vehículos aéreos se distinguen de los demás por su principal característica: son aeronaves no tripuladas, dirigidas por control remoto o automático. Al largo de estos últimos años han empezado a remarcar su presencia en el sector fotográfico, en la topografía y en la inspección de infraestructuras, paquetería y uso militar. En todos estos casos se empieza a disponer de los RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) gracias a su menor tamaño, que conlleva una reducción de precio, y a la inexistencia de personas a bordo, lo cual elimina el riesgo de poner en peligro al tripulante.

Entre los RPAS se pueden diferenciar los de ala fija o avión ligero: mayor autonomía y velocidad, y los de ala rotatoria: con despegue y aterrizaje horizontal y capacidad de volar a punto fijo o a muy baja velocidad.

Metodología

Para hacer posible esta investigación, tuve que asistir a un curso ofrecido por una empresa especializada en kits de drones y robótica. Durante dos días un técnico me enseñó las bases de este mundo; en el primero montamos la estructura de la aeronave, junto a todos sus componentes:

—*Chasis o frame* de pura fibra de carbono, para facilitar la ligereza y resistencia.

—*Controladora de vuelo* con el objetivo de mantener el vehículo alzado. Esta puede disponer de GPS, giroscopio, barómetro, etc.

—*Motores* encargados de suministrar la energía necesaria a la hélice para sustentar la aeronave. Los motores Brushless son los más usados por su potencia, rendimiento, peso y eficiencia, en comparación con los Brushed.

—*Hélices* caracterizadas por el número de palas, el tamaño, el paso, la dirección de giro y el material del cual están compuestas.

—*ESC (Electronic Speed Controller)* clasificados por la cantidad de corriente que suministran a los motores.

—*Placa distribuidora de energía* formada por los cables de alimentación de los ESC y el punto de la conexión de la batería.

—*Batería* de tipo Li-Po, compuestas por tres celdas en serie de 3.7V cada una y con una capacidad regulable según distintos factores.

—*Emisor-Receptor,* normalmente formado por un mando a control remoto.

Además del montaje, hubo que configurar toda la parte electrónica, tema del cual yo no disponía demasiado conocimiento y necesité ayuda.

Una vez ensambladas todas las piezas, después de hacer algunas comprobaciones del funcionamiento general del Dron, el segundo día hice mi primer vuelo con el resultado del que había de ser mi demostración de cómo consiguen volar los Drones. A causa del pilotaje, tuve que cambiar algunas piezas, ya que en una ocasión una hélice salió disparada, junto al seguro que la mantenía, y como consecuencia el Dron cayó en picado rompiéndose dos de los motores. Estos aparatos tiene pocas tiendas físicas que vendan sus componentes y por eso la gran parte de los productos había que pedirlos por Internet; de manera que conseguir perfeccionar mi vuelo era complicado, a causa del tiempo, la disponibilidad de las piezas de repuesto o el clima.

Constitución del trabajo

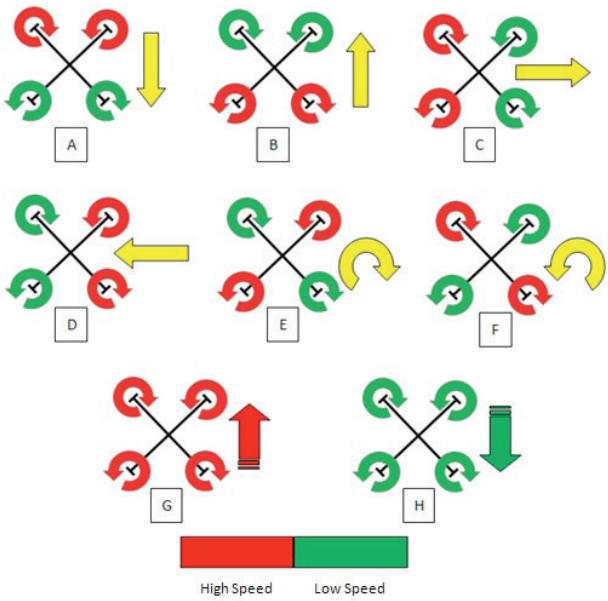
Tanto un multirotor como un avión ligero siguen la misma aerodinámica que la de un avión de pasajeros, una avioneta, etc. Por eso es interesante explicar que sucede al elevarse estas aeronaves. Pero antes se deben tener unas nociones básicas:

—Teorema de Bernoulli: Daniel Bernoulli comprobó experimentalmente que «la presión interna de un fluido, es decir, un líquido o un gas, decrece a medida que la velo-

cidad del fluido se incrementa» o, dicho de otra forma: «en un fluido en movimiento, la suma de la presión y la velocidad en un punto cualquiera permanece constante».
—Efecto Venturi: Giovanni Battista Venturi comprobó experimentalmente que al pasar por un estrechamiento las partículas de un fluido aumentan su velocidad.
—3a Ley de Newton: «Para cada acción hay una igual y opuesta reacción.» Para introducir el concepto de sustentación podemos utilizar el ejemplo de una cometa. Este objeto plano, se coloca un poco inclinado hacia arriba contra el viento y se levanta, es cuando se produce sustentación. El concepto de *perfil aerodinámico* implica un cuerpo que tiene un diseño determinado para aprovechar al máximo las fuerzas que se originan por la variación de velocidad y presión, cuando este perfil se sitúe en una corriente de aire. Entonces, un aparato dotado de perfiles aerodinámicos, por ejemplo unas alas, se mueve en el aire, el cual está dotado de presión atmosférica y velocidad, a una cierta velocidad con determinada posición hacia arriba, llamado ángulo de ataque, y se sustenta. A mayor ángulo de ataque, mayor es el estrechamiento en la parte superior del ala. El ala produce un flujo de aire en proporción a su ángulo de ataque y a la velocidad con la que el ala se mueve respecto a la masa de aire que la rodea. De este flujo de aire, el que discurre por la parte superior del perfil tendrá una mayor velocidad que el que discurre por la parte inferior (efecto Venturi). Esta mayor velocidad implica menor presión (teorema de Bernoulli). Por lo tanto, la superficie superior del ala soporta menos presión que la inferior. Esta diferencia de presiones produce una *fuerza aerodinámica* que empuja de la zona de mayor presión (parte inferior ala) a la zona de menor presión (parte superior ala), conforme a la Tercera Ley del Movimiento de Newton. Pero además, la corriente de aire que fluye a mayor velocidad (parte superior ala) confluye con la velocidad que hay por debajo del ala y deflecta, produciéndose una *fuerza adicional* hacia arriba. La suma de estas dos fuerzas es lo que se conoce por fuerza de sustentación, que es la que mantiene al avión en el aire.
Si un Quad es simétrico y los motores de este generan la misma fuerza, el sumatorio de fuerzas será únicamente vertical y pasará a la misma posición y altura. De esto entendemos la importancia de controlar el centro de gravedad y la velocidad de los motores. Si, además, *(4)F=m·g*, * la aeronave se quedará a la misma posición y altura. Porque el sumatorio de las fuerzas ascendientes de cada rotor determina el movimiento del Quad. Por lo tanto, para generar sustentación la potencia tiene que ser como mínimo igual al peso.
Cuando simétricamente aparece una compensación entre rotores, se genera una

* Siendo: F: la fuerza de cada rotor; m: la masa de la aeronave completa, y G: la gravedad. Todas ellas medidas según el sistema internacional.

Movimientos



fuerza horizontal. Los quadcópteros son vehículos aéreos que generan los mismos movimientos que estos, solo que al no tener actuadores como en los aviones, estos generan sustentación de diferente manera. Entonces, por el simple hecho que cada rotor gire a una determinada velocidad, se genera un momento, cada uno, de un sentido contrario al de la fuerza que genera el mismo motor. De manera que el sumatorio del momento debe de ser *0N·m*, sino la aeronave empezaría a girar sobre si misma. Por lo tanto dos motores de la misma diagonal giran en sentido horario y los otros dos en sentido antihorario. Según la mecánica de vuelo: los movimientos más sencillos se basan en aumentar la velocidad del rotor del lado hacia la dirección deseada.

Conclusión

Ahora que ya sé los fundamentos de las leyes físicas que se utilizan para entender los movimientos de estas aeronaves, puedo afirmar que he conseguido responder a mi principal cuestión, aunque estoy segura que me falta una gran cantidad de conceptos que descubrir.

Referido al montaje ha sido una gran experiencia, ya que tuve la facilidad de tener un técnico a mi disposición, unas herramientas adecuadas, compañeros con el mis-

mo interés. El curso me ha sido de gran ayuda, tanto por el apoyo físico, como por el informático. El tema de la programación era una gran preocupación para mí, ya que si hubiera montado el Dron por mi cuenta, tengo la esperanza que hubiera sido capaz, pero conseguir configurarlo no lo veía viable.
Ahora, si hablamos del pilotaje tengo que comentar que mi experiencia con vehículos tanto terrestres como aéreos con control remoto era nula, por lo tanto empezaba de cero. Es verdad que los nervios siempre están ahí, pero tenía esa sensación de que sería capaz de pilotar el Dron sin problemas. Aunque el día del primer vuelo, después del montaje, vi que no era tan fácil, y mucho menos conseguir tener una cierta práctica para poder colocar una cámara y poder hacer filmaciones, ya que se requiere de mucha estabilidad y control. Las dos semanas siguientes al curso iba muy mal, según mi opinión, ya que en dos días había conseguido girar el Dron sobre si mismo 180°, haber perdido la batería durante el vuelo, sin contar el par de golpes contra el suelo y la cantidad de hélices rotas. Todo esto lo he ido perfeccionando y, muy a mi pesar, pensaba que no sería capaz después de la decepción que me llevé en ver dónde me había metido. Pasando las semanas, mi modo de vuelo iba cogiendo forma, ya conseguía hacer un vuelo de al menos 2 minutos sin que perdiera el control y el Dron acabase en el suelo.

Durante los vuelos iba teniendo pequeños incidentes, o no tanto, de los cuales he ido aprendiendo y cogiendo experiencia, sobretodo me he dado cuenta que no sabes si haces algo bien en casa, o donde sea que trabajes con el Dron, hasta que no sales al exterior y pones a prueba los cambios hechos. Ahora, después de unos dos meses y medio, consigo vuelos más largos, siempre los que me permiten la batería, con aterrizajes menos forzosos y con algún intento de maniobra.
Es un proyecto que me ha cogido de mi tiempo y dinero, sobretodo, pero ha merecido la pena, ya que se gana experiencia y aprendes conceptos nuevos, lo que nunca va mal. Pero no solo de este mundo, sino de informática (en mi caso, poca), electrónica, aerodinámica, física y otras disciplinas. No tengo un conocimiento exhaustivo de todos estos conceptos, pero me puedo defender con la base mínima que he adquirido.

Webgrafía

– Drone center: <http://dronecenter.blogspot.com.es/>. – Vuelo artificial: <https://vueloartificial.com/>. – Manual de vuelo: <http://www.manualvuelo.com/>. – Drone-Spain: <http://dronespain.pro/>. – Fenercom: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Los-Drones-y-sus-aplicaciones-a-la-ingenieriacivilfenercom-2015.pdf>. – RC Tecnic: <http://www.rctecnic.com/>. – Mundo Dron: <http://mundrone.blogspot.com.es/>. – ToDrone: <http://www.todrone.com/>. – AERPAS (Asociación Española de RPAS): <http://www.aerpas.es/>. – DJI: <http://www.dji.com/>. – Antena 3: <http://www.antena3.com/noticias/tecnologia/una_2016082157ba03860cf2738f2b8d6676.html>. SkyDrone: <http://www.skydron.es/>. – Drone by Drone: <http://www.dronebydrone.com/>.