



# La Feria Aérea



**UNIDAD DIDÁCTICA 2**

**MULTICÓPTEROS**

**ESQUEMA DE MONTAJE**

**COMPONENTES**

**FUNCIONAMIENTO**

## MULTICÓPTEROS

Un multicoptero es un **vehículo aéreo no tripulado** (UAV por las siglas en inglés *Unmanned Aircraft Vehicle*) con más de dos rotores, que utiliza hélices con dos o tres palas de paso fijo.

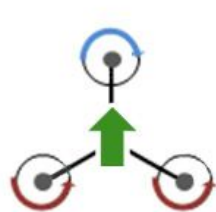
Se clasifican dependiendo del **número de motores** y de la **posición** que ocupan en el aparato.

A mayor número de motores, mejor estabilidad y mayor capacidad de carga para elementos adicionales (cámara, GPS, servos, etc.).

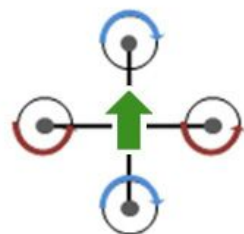
Nosotros emplearemos la configuración de Cuadricóptero X.

El control del movimiento se consigue mediante variaciones de **giro** y **velocidad** de los motores según su configuración.

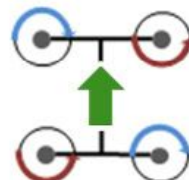
La flecha **verde** indica el sentido de avance (en **azul** giro de motor en sentido del reloj y en **rojo** giro contrario).



TRICÓPTERO



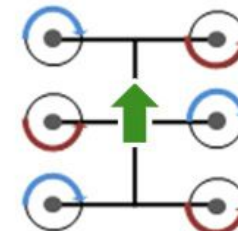
CUADRICÓPTERO +



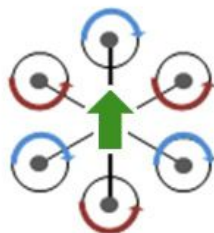
CUADRICÓPTERO H



CUADRICÓPTERO X



HEXACÓPTERO H



HEXACÓPTERO I



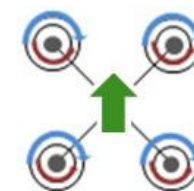
HEXACÓPTERO X



OCTOCÓPTERO +



OCTOCÓPTERO V

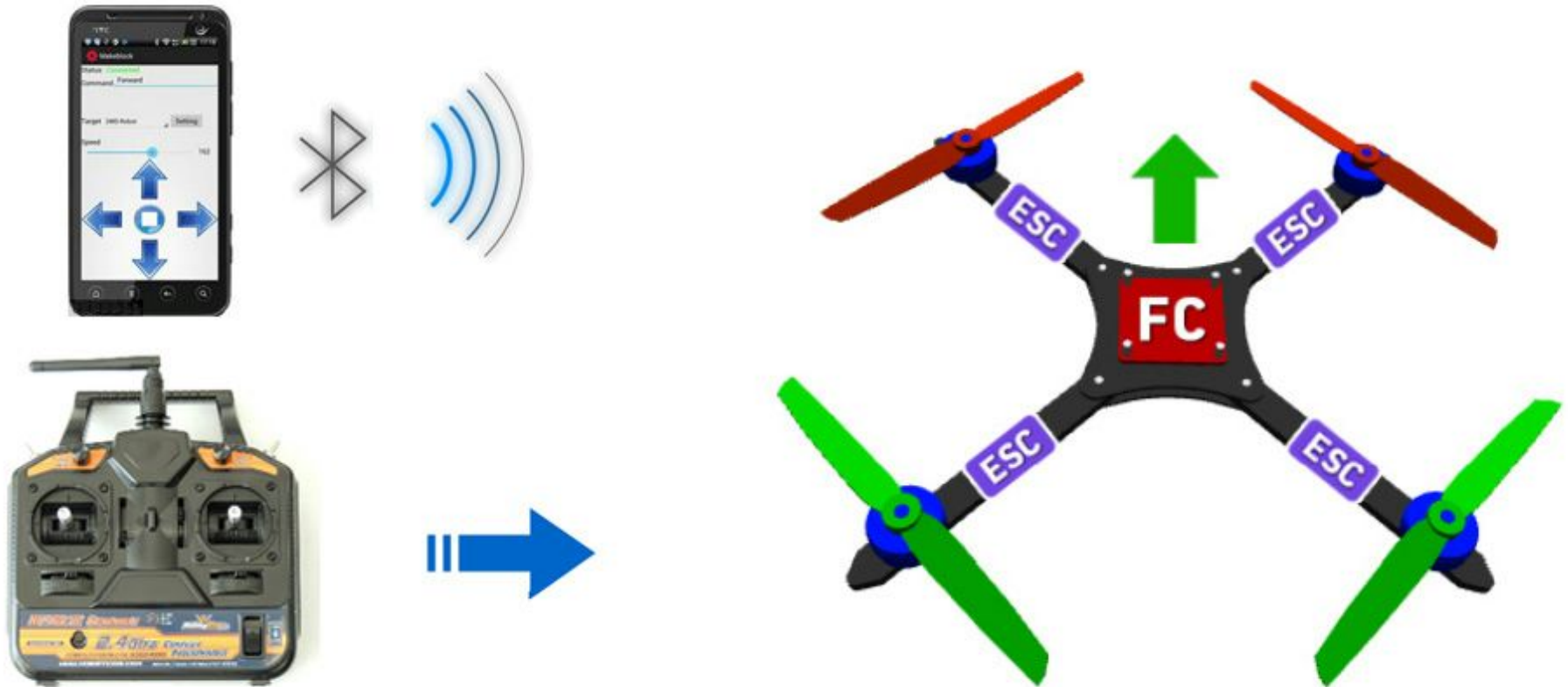


OCTOCÓPTERO X

Se suelen fabricar con materiales ligeros pero a su vez resistentes (madera, aluminio, fibra de carbono o PVC).

Se pueden controlar por radiocontrol desde una emisora multicanal o mediante un smartphone a través de *Bluetooth*.

Las órdenes se envían a la controladora de vuelo (FC **Flight Controller**) que a su vez transmite las señales a cada motor a través de los reguladores de velocidad (ESC **Electronic Speed Controller**).



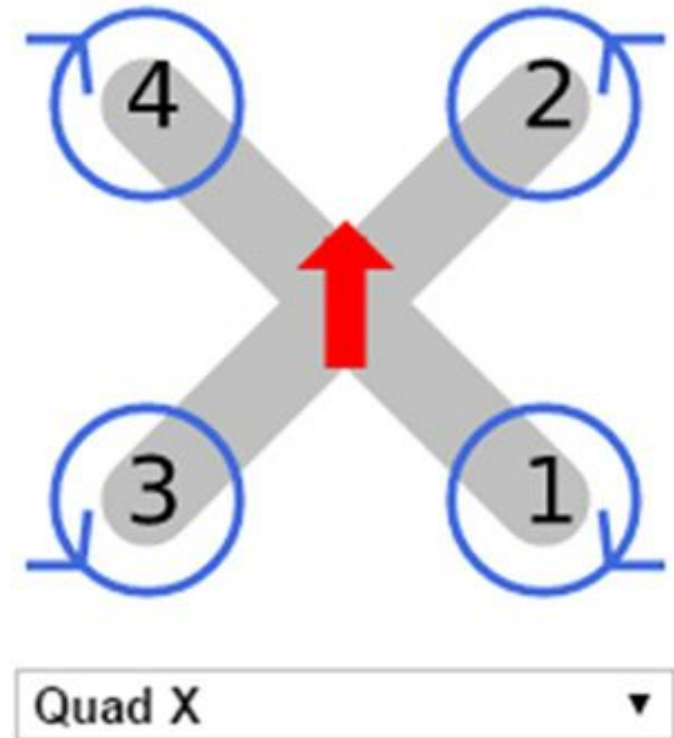
## ESQUEMA DE MONTAJE

Una vez decidido el diseño para nuestro dron (de entre todas las propuestas presentadas), tendremos que **fabricar la estructura** (*frame*) con un tamaño y material adecuados teniendo en cuenta el peso de todos los componentes y el empuje que proporcionan los motores y las hélices.

Debe ser lo más ligero posible pero a su vez resistente, tanto a las variaciones bruscas de dirección y velocidad como a los posibles accidentes que pueda sufrir.

Utilizaremos la configuración **Quad X**, llamada así por incorporar **cuatro motores** dispuestos **en forma de X**, con la controladora de vuelo situada en el centro de la estructura.

En el siguiente esquema puede verse de forma descriptiva la disposición de los componentes en el *frame*, pero la distribución definitiva debe hacerse dependiendo de cada diseño en particular, buscando que el peso esté equilibrado, teniendo en cuenta el tamaño de cada elemento y el diámetro de las hélices.



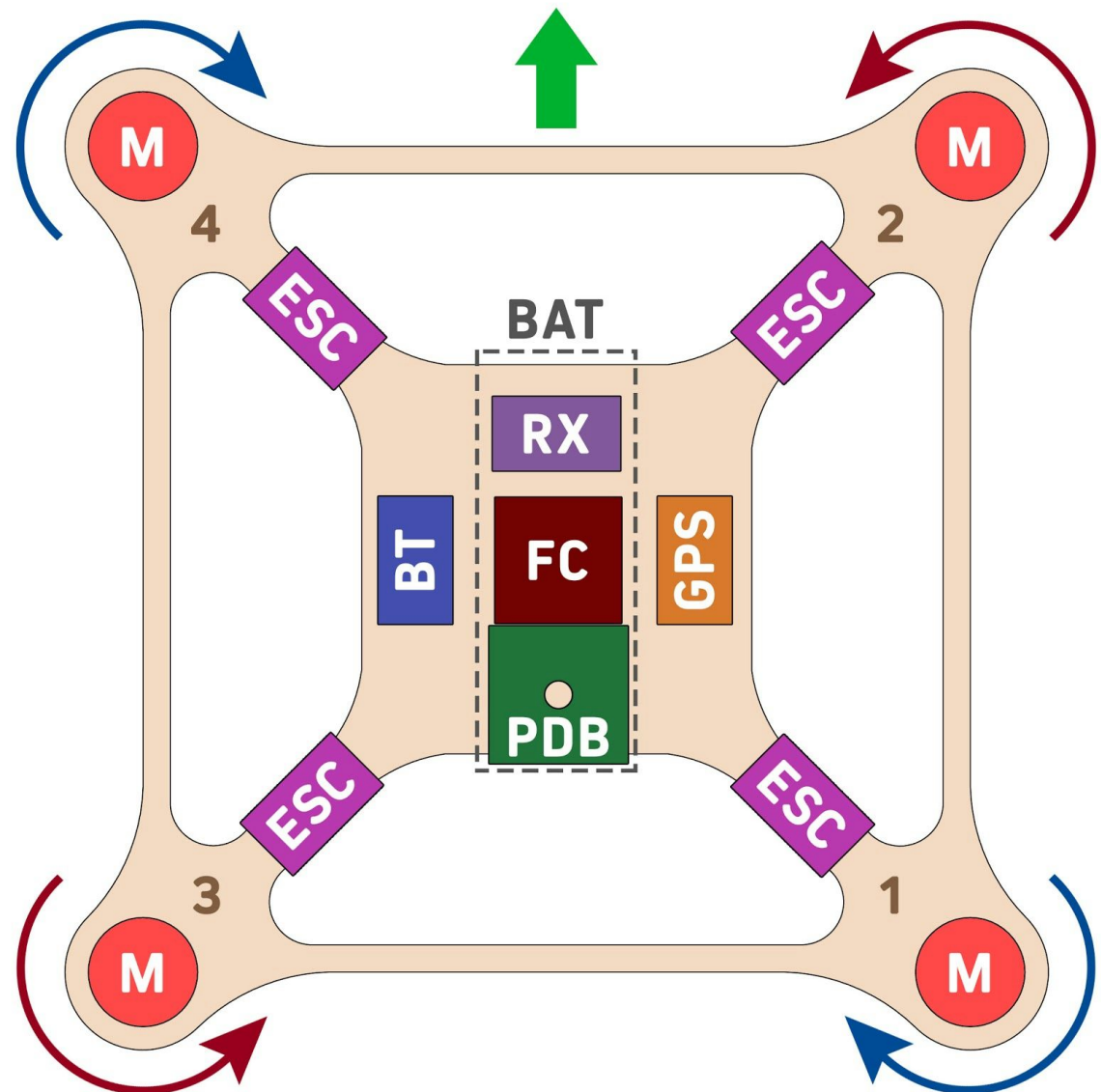
La controladora de vuelo (**FC**) debe colocarse en el centro geométrico de la estructura para que esté perfectamente equilibrada y orientada correctamente (la flecha verde indica la parte delantera).

Pondremos los cuatro motores (**M**) en los extremos y los reguladores de velocidad (**ESC**) en los brazos de las dos diagonales, ya que van conectados entre la controladora y los motores.

Fijaremos la placa de distribución de potencia (**PDB**) de manera que nos lleguen bien los cables de todos los componentes y pondremos el receptor de la emisora (**RX**) cerca de la controladora.

Colocaremos los elementos adicionales como **GPS** y Bluetooth (**BT**), y finalmente la batería (**BAT**) centrada en la parte inferior del *frame*, a ser posible de forma que sea fácil de extraer para poder cargarla.

Finalmente pondremos las hélices en los motores, teniendo en cuenta el sentido de giro de cada uno. Los motores 1 y 4 deben girar en sentido de las agujas del reloj y los motores 2 y 3 lo harán en sentido contrario.



## COMPONENTES

Para construir el cuadricóptero necesitaremos los siguientes componentes:

1. ESTRUCTURA
2. PLACA DE DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA (PDB)
3. CONTROLADORA DE VUELO (FC)
4. VARIADORES DE VELOCIDAD (ESC) (x4)
5. MOTORES (x4)
6. HÉLICES (x4)
7. SALVAHÉLICES (x4)
8. TRANSMISOR (TX)
9. RECEPTOR (RX)
10. BATERÍA
11. CARGADOR DE BATERÍA
12. MONITOR DE BATERÍA
13. MÓDULO BLUETOOTH
14. SERVO



## 1. ESTRUCTURA

La estructura (o *frame*) es la parte donde se ensamblan todos los componentes del dron (motores, batería, controladora de vuelo, ESC's, etc.).

Puede tener diferentes formas, tamaños y diseños pero es importante que sea de un **material ligero** (madera, aluminio, fibra de vidrio, impresión 3D, etc) para reducir el peso lo máximo posible, pero a su vez **resistente** para soportar los golpes que pueda recibir en un mal aterrizaje.

Su diseño tiene que ser **simétrico**, el reparto de pesos de los componentes debe ser equilibrado para que el vuelo sea lo más estable posible y el tamaño adecuado para evitar que las hélices se golpeen entre sí.

Se pueden fabricar de una sola pieza para que sean más rígidos y resistentes ante los golpes (según el material utilizado) o con piezas que se montan y se pueden reemplazar en caso de rotura, aunque esta opción puede provocar flexiones y vibraciones en la estructura.

Teniendo en cuenta la configuración en **QuadX** que vamos a utilizar, el diseño en **X** (Fig. 1) puede tener mayor estabilidad si le añadimos brazos laterales como se puede apreciar en este ejemplo (Fig. 2).

Para el diseño de la estructura también debemos tener en cuenta elementos adicionales, como por ejemplo tren de aterrizaje, protecciones para las hélices, soporte para cámara (*gimbal*), etc.

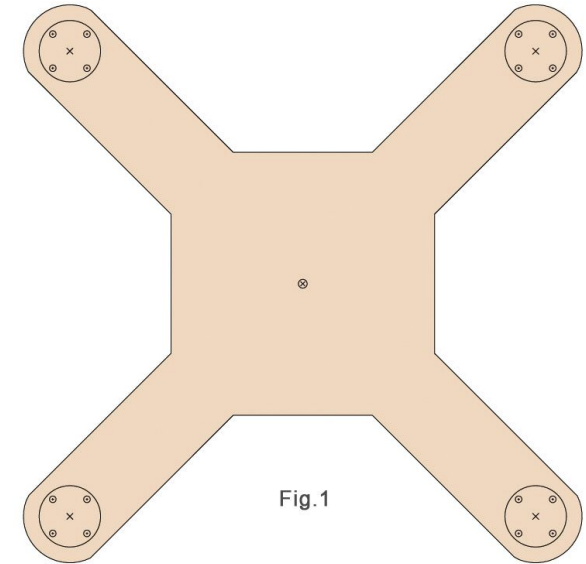


Fig.1

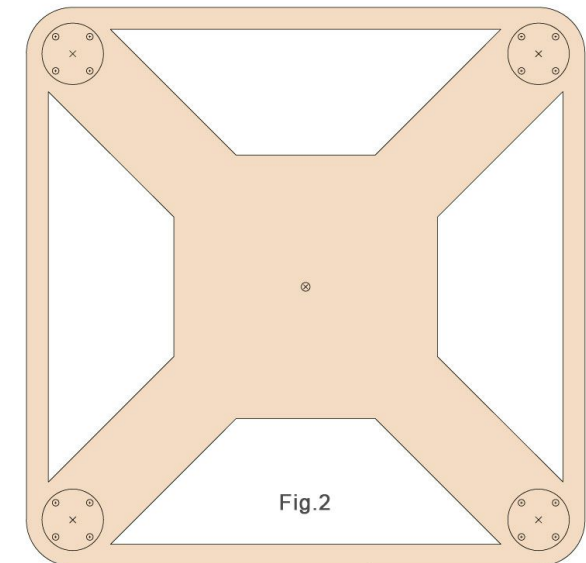


Fig.2

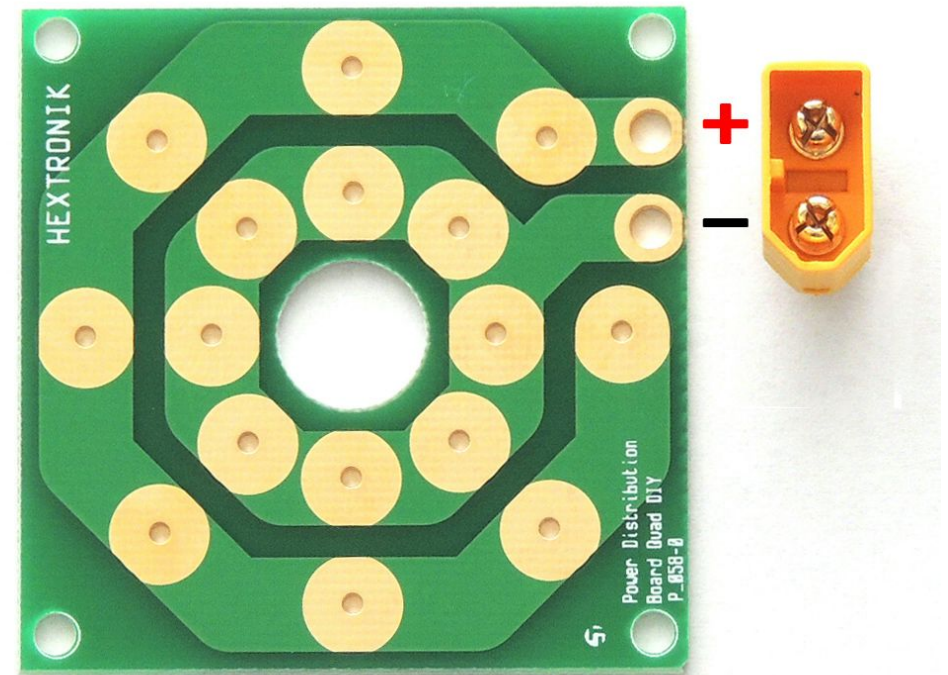
## 2. PLACA DE DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA (PDB)

Como su nombre indica se utiliza para distribuir a todos los componentes, la alimentación que viene de la batería a través del conector. En esta placa soldaremos los cables de todos los componentes, por lo que debemos posicionarla en nuestro dron de forma estratégica.

Utilizaremos el anillo exterior para el positivo (+) y el interior para el negativo (-) y **lo marcaremos**, ya que un error en el conexionado puede provocar que se queme algún elemento o se cortocircuite la batería.

Al soldar el conector, tendremos en cuenta que el positivo de la batería viene por el pin situado en la parte recta y el negativo por el que está en la parte redondeada.

Dispone de un agujero central de 11 mm. de diámetro, que permite el paso de cables hacia las dos caras de la placa y de cuatro agujeros situados en las esquinas de 3 mm. de diámetro para poder fijarla a la estructura, ya sea directamente o mediante separadores de plástico.





### 3. CONTROLADORA DE VUELO (FC)

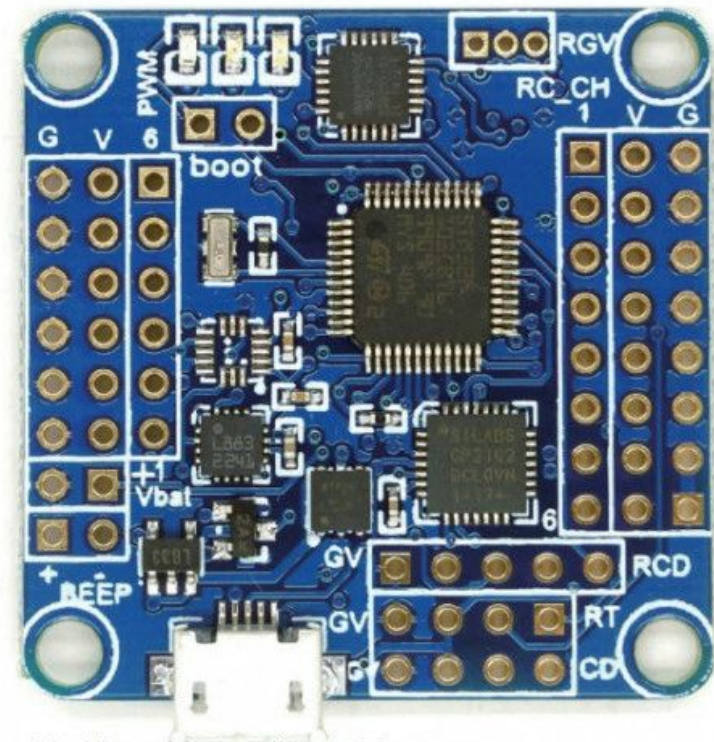
Pilotar un cuadricóptero teniendo que variar continuamente la velocidad de cada uno de los cuatro motores es una tarea imposible para un ser humano. Por esa razón, utilizaremos una controladora de vuelo que va a ser el “**cerebro**” de nuestro cóptero. Se trata de una placa electrónica que actúa sobre la velocidad de cada motor en función de la orden enviada por el piloto a través de los mandos de la emisora.

Estos dispositivos miden constantemente la inclinación (**giróscopo**), velocidad (**acelerómetro**), y orientación (**magnetómetro**) del aparato así como la presión atmosférica (**barómetro**) para determinar la altitud.

Con esta información y las órdenes que el piloto le da, la controladora envía señales a los **variadores de velocidad** (ESC) para que modifiquen la velocidad de cada **motor**.

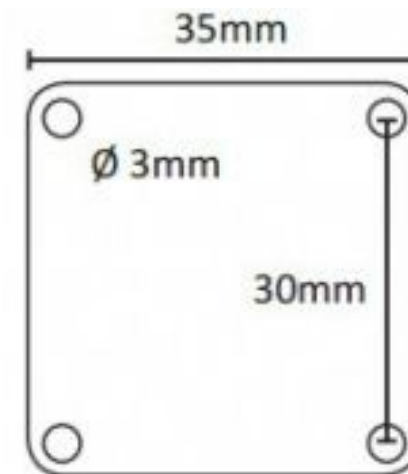
Dos motores giran en sentido de las agujas del reloj (**CW clockwise**) y otros dos en sentido contrario (**CCW counterclockwise**) de forma que con las diferentes velocidades para cada uno de ellos dispuestos en diagonal sobre la estructura, permite los movimientos en todas direcciones tanto vertical como horizontalmente

Existen multitud de controladoras de vuelo con mayor o menor cantidad de funciones y complejidad de uso, pero en nuestro caso usaremos una placa **Flip32+**, con las siguientes **características**:



## CARACTERÍSTICAS:

- Medidas: 35x35 mm.
- Peso: 5 g.
- Procesador de 32 bit a 72 Mhz (STM32F103CB)
- Giróscopo de 3 ejes + acelerómetro (MPU6050)
- Magnetómetro (brújula) de 3 ejes (HMC5883L)
- Barómetro (MS5611)
- 8 canales de entrada RC
- 6 salidas de motores para diferentes configuraciones (Quad, Hexa, etc.)
- 3 LED de estado
- Conector MicroUSB para configuración
- Monitorización de voltaje de batería
- Conexión para módulo Bluetooth
- Soporta módulos GPS con protocolo UBLOX & NMEA



Está basada en software de código abierto, por lo que la colaboración entre los usuarios de todo el mundo a través de las aportaciones que realizan, incrementan sus funciones con actualizaciones del **firmware** que incorpora para su funcionamiento.

Dispone de diferentes modos de vuelo (Acro, Angle, Horizon, Baro, Mag) que pueden configurarse desde la aplicación y permiten que el aprendizaje del pilotaje sea más sencillo, con funciones como el auto-nivelado, fijación de la altura o de la posición mediante un módulo GPS.

La controladora **debe instalarse en el centro de la estructura** para que esté perfectamente equilibrada y orientada de manera que el conector **MicroUSB** quede **hacia la parte trasera** de nuestro aparato, visto desde arriba. En caso de que por motivos de diseño o construcción necesitemos girar la placa en cualquiera de los tres ejes, es posible configurarla mediante software para compensar la orientación.

Para configurar y programar la controladora la conectaremos mediante un cable MicroUSB al ordenador y utilizaremos la aplicación **Cleanflight**, que instalaremos en el navegador Chrome y que explicaremos más adelante.

#### 4. VARIADORES DE VELOCIDAD (ESC)

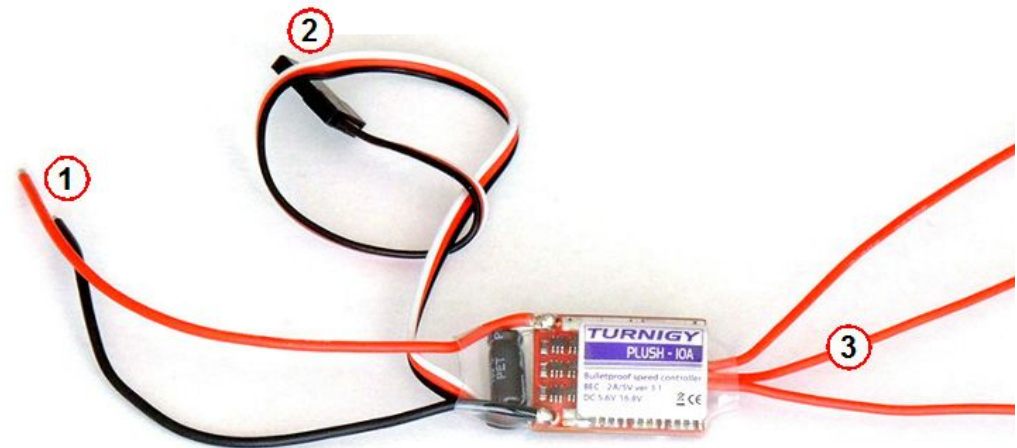
El ESC (*Electronic Speed Controller*) o **controlador de velocidad electrónico**, es un circuito electrónico que recibe pulsos de la controladora de vuelo y le envía la señal correspondiente al motor para que gire a mayor o menor velocidad, convirtiendo la corriente continua de la batería en pulsos de corriente alterna. Son imprescindibles porque la controladora de vuelo no puede suministrar la suficiente potencia para activar los motores.

Es un **microcontrolador programable** que utiliza un *firmware* que permite definir el modo de funcionamiento con multitud de parámetros modificables que proporcionan un ratio de refresco muy alto (hasta 400 Hz). Este ratio es muy importante en los multicopteros para mantener el equilibrio de todos los motores y así hacer que la respuesta a nuestra orden desde los controles de la emisora sea lo más rápida y precisa posible.

El factor más importante que debemos considerar al elegir un ESC es la **corriente máxima** que soporta, que debe ser superior a la que necesita el motor que vayamos a utilizar. En general se suelen utilizar de 20A ó 30A para multicopteros de tamaño medio o grande y de 10A ó 12A para los de pequeño tamaño.

En el caso de un ESC *brushless* (para motores sin escobillas), éste tiene una pareja de cables **(1)** que provienen de la batería a través de la PDB (entrada de alimentación), tres cables que se dirigen al motor **(3)**, y un cable conectado a la controladora de vuelo **(2)**.

Este último cable está formado a su vez por otros tres. El cable de señal que proviene del receptor (cantidad de gas que el piloto desea aplicar al motor), y un positivo y negativo que generalmente son los que alimentan a la controladora y al receptor.



Dicha energía proviene del BEC (***B**attery **E**liminator **C**ircuit*), que es un regulador de voltaje incluido en el ESC, que reduce la tensión que suministra la batería (11,1 v. si es de tres celdas) hasta los 5v, para alimentar la controladora de vuelo y el receptor de la emisora.

El ESC disipa gran cantidad de calor que produce su electrónica a través del condensador situado en el lateral del variador, y su misión, además de la función estabilizadora del flujo eléctrico, es precisamente reducir la temperatura del circuito. Por esta razón, los ESC deben situarse en la estructura de forma que tengan la mayor ventilación posible.

Para nuestro proyecto utilizaremos el modelo **Turnigy Plush 10A** con las siguientes características:

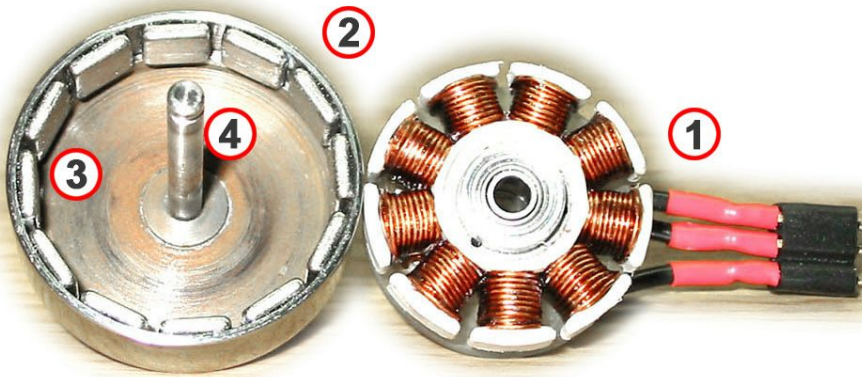
- Voltaje de salida: 5v.
- Corriente de salida: 2A.
- Corriente máxima: 10A. (con ráfagas de 12A.)
- Peso: 9g.
- Medidas: 27 x 17 x 6 mm.



## 5. MOTORES

Para mover nuestro dron usaremos 4 **motores sin escobillas** (*brushless*) que tienen una gran potencia pero a la vez un gran consumo de corriente. Al no tener escobillas y por tanto carecer de rozamientos, ofrecen mayor rendimiento con un menor peso.

A diferencia de los motores convencionales de corriente continua en los que el bobinado está en el rotor (que es la parte que gira), en los motores sin escobillas el bobinado (1) permanece fijo y lo que gira es el cilindro exterior (estator) (2) que tiene en su interior una serie de imanes de neodimio (3) que interaccionan con el campo magnético creado por las bobinas y que contiene a su vez el eje (4) que transmitirá el giro a la hélice.



Para que gire será necesario convertir la corriente continua de la batería en pulsos de corriente alterna, función que realizan los ESC y que explicaremos en el apartado de FUNCIONAMIENTO.

Para evitar que el dron se ponga a girar como una peonza cuando despegue, los dos motores de una diagonal girarán en el sentido de las agujas del reloj y los otros dos de la otra diagonal, en sentido contrario. Mediante la variación de velocidad de cada uno de los motores podremos controlar el desplazamiento del dron en todas direcciones, como veremos en el apartado FUNCIONAMIENTO.

Los tres cables del motor no vienen marcados, por lo que si al conectarlo al ESC correspondiente y probar el sentido de giro (**sin las hélices puestas**) observamos que no gira correctamente según el esquema del QuadX, habrá que intercambiar dos de los tres cables para invertir el sentido de giro.



Para elegir el tipo de motor, lo primero que tenemos que saber aproximadamente es el peso de todos los componentes y así calcular cuánta **fuerza de empuje** necesitamos para que el cuadricóptero se eleve. Si tenemos poco empuje el dron no responderá bien a las órdenes o incluso no podrá despegar. Pero si tenemos demasiado empuje, será demasiado impulsivo y difícil de controlar.

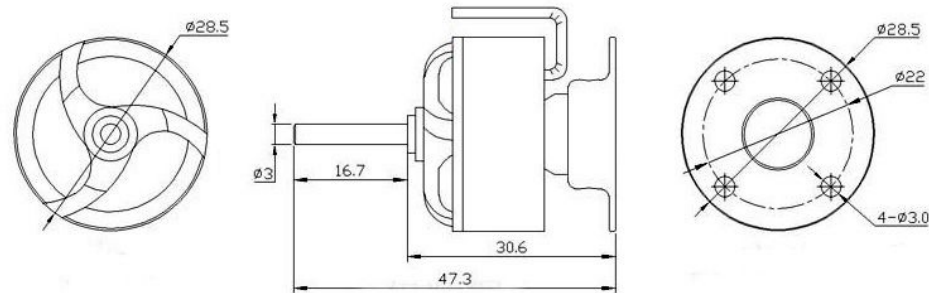
Como regla general:  $\text{Empuje por motor} = (\text{Peso total} \times 2) / 4$

Por ejemplo si nuestro dron tuviera un peso de 1 Kg, usando la fórmula nos daría un empuje de 500 g. por motor.

Pero el empuje no es una característica que indiquen los fabricantes de motores ya que éste depende del tamaño y tipo de hélice que utilicemos. En su lugar dan un parámetro denominado **kV**, que no son Kilovoltios. Se trata de un valor que indica las revoluciones por minuto (RPM) a las que el motor gira cuando se le aplica una tensión de 1 voltio sin carga, es decir sin hélice.

Modelo	Kv	Peso	Diámetro	Eje	Nº Celdas	Eficiencia	Hélice	RPM	Corriente Max.	Empuje
CF2812	1.534	39 g.	28,5 mm.	3 mm.	3S	75%	7x4 "	12.250	10,5 A	580 g.
							7x6 "	11.000	15,5 A	730 g.

Otro factor a tener en cuenta es la **Eficiencia** del motor, que es la relación entre la potencia que consume y la que realmente suministra, ya que una parte importante se pierde en forma de calor. Con una eficiencia baja, no sólo estamos consumiendo más corriente (y por tanto reduciendo el tiempo de vuelo), también provoca que el motor tarde más tiempo en reaccionar a los cambios de velocidad y haga más inestable el vuelo del cuadricóptero.



Como podemos ver en las características de los motores que vamos a utilizar (CF2812), los valores de **RPM**, **Corriente Máxima** y **Empuje** son diferentes dependiendo del tamaño y paso (ángulo) de la hélice.

El fabricante indica estos valores para hélices con un tamaño de 7 pulgadas y dos ángulos diferentes como guía, pero dependerá del tipo de hélice que utilicemos.

## 6. HÉLICES

Las cuatro hélices deben tener un **tamaño** y **paso** adecuados (para sustentar el peso de nuestro aparato y proporcionar el **empuje** suficiente) y ser de un **material ligero** pero a su vez **resistente** (para no añadir más peso y soportar los accidentes).

Pueden ser de dos o tres palas, ofreciendo estas últimas mayor propulsión, estabilidad y resistencia ante los golpes.

Se suministran con adaptadores de diferentes tamaños para ajustarlas al diámetro del eje del motor.

Elegir el tipo de hélice para nuestro cuadricóptero es muy importante y habrá que considerar **varios factores**, ya que una mala elección puede ocasionar daños en el aparato. Es conveniente seguir las recomendaciones del fabricante del motor, pero teniendo en cuenta las características de diseño y peso de nuestro dron.

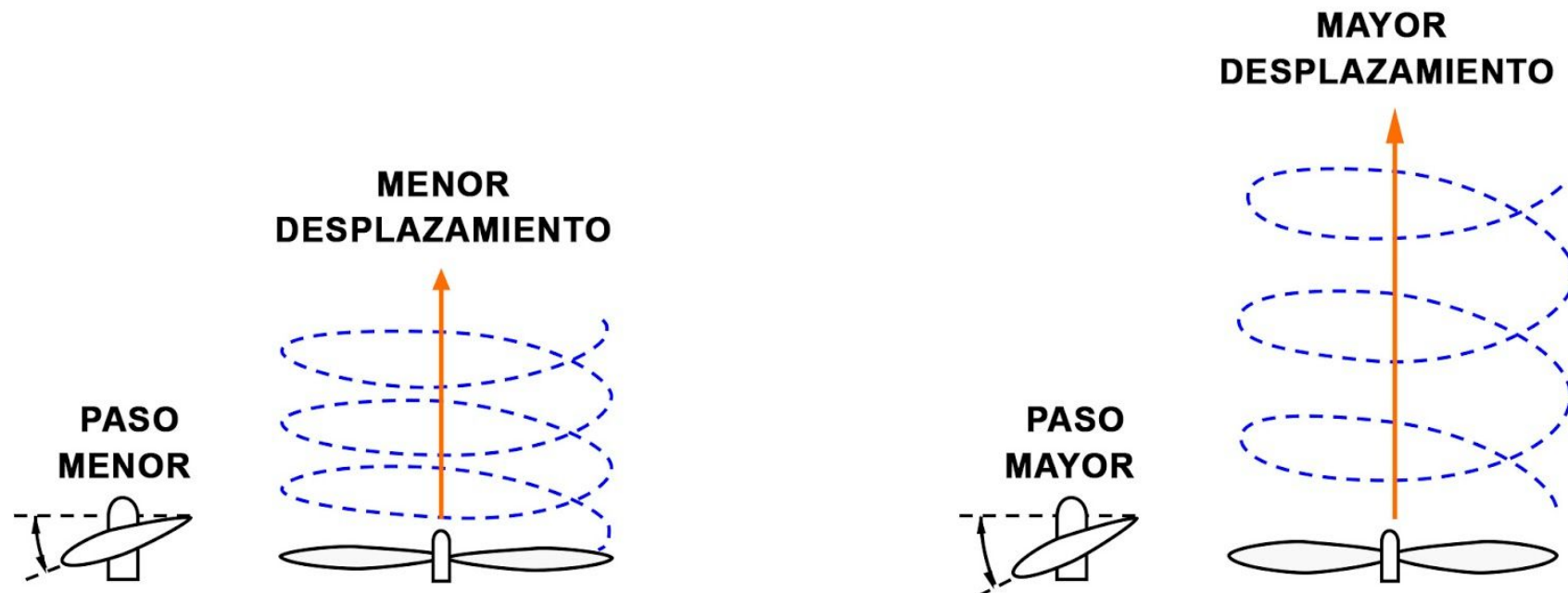
En nuestro caso usaremos hélices de **6 x 4,5" R** y **6 x 4,5" L** de tres palas. El primer número indica el **tamaño**, el segundo el **paso** y la letra final indica el **sentido de giro**.



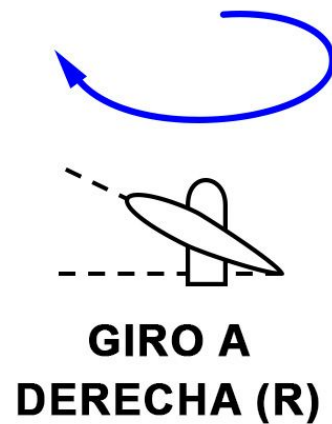
- **Tamaño.** Es el **diámetro** del disco imaginario que se crea cuando la hélice gira y se expresa **en pulgadas**. Cuanto mayor sea el diámetro, mayor será el empuje que genere y por tanto el peso que pueda elevar, lo que nos proporcionará mayor estabilidad de vuelo pero menor maniobrabilidad al reducir la velocidad de giro en RPM. Si queremos más velocidad, tendremos que elegir una hélice de menor tamaño.

- **Paso (pitch).** Es la **distancia** que se desplaza la hélice en la dirección del eje al dar una **vuelta completa** (como si fuera un tornillo), expresada **en pulgadas**. Se trata de un valor teórico ya que en la práctica hay varios factores que influyen, como por ejemplo el material del que están fabricadas o la densidad del aire (por el rozamiento).

Como vemos en el gráfico, una hélice con un valor más pequeño de paso (para un mismo tamaño) produce un menor desplazamiento en el sentido del eje que una hélice con un paso mayor, que mueve más aire y por tanto tendrá más empuje, pero a costa de un mayor consumo de potencia del motor.



- **Sentido de giro.** Para evitar que el cuadricóptero gire sobre sí mismo cuando se eleve, dos de los motores de una diagonal giran en sentido horario y los otros dos en sentido anti-horario, como vimos en el **Esquema de Montaje**. Las hélices que giran hacia la derecha (marcadas con **R**) tienen el ángulo de ataque de las palas hacia arriba en el sentido de giro y las que giran hacia la izquierda (marcadas con **L**), en sentido contrario. Es muy **importante no confundirse a la hora de colocar las hélices**.



Es conveniente disponer de parejas de hélices de **dos colores distintos** para poner las de un color en los motores delanteros y las de otro color en los traseros. De esta forma tendremos identificadas la parte delantera y trasera de nuestro dron cuando esté volando, evitando así confusiones a la hora de pilotarlo.

## 7. SALVAHÉLICES

El salvahélice (*prop saver*) es un elemento que permite sujetar la hélice firmemente y la protege ante posibles golpes.

Consta de una pieza metálica que se acopla al eje del motor (antes de colocar la hélice) y se fija mediante dos tornillos, y de una goma que sujeta la hélice a la pieza metálica.



**CON HÉLICE DE 2 PALAS**



**CON HÉLICE DE 3 PALAS**

Pondremos la hélice con el adaptador del tamaño adecuado al diámetro del eje del motor y la sujetaremos a los dos tornillos mediante la goma. Después atornillaremos el salvahélice al eje, asegurando que esté fuertemente fijado, ya que es muy peligroso que alguna hélice pueda desprenderse durante el vuelo.



## 8. TRANSMISOR (TX)

Para pilotar nuestro cuadricóptero usaremos una **emisora de radio** de las que se emplean en aeromodelismo, que consta de un transmisor y de un receptor que utilizan la frecuencia de 2,4 Ghz. El transmisor tiene las palancas de **control de movimiento y velocidad**, además de dos canales auxiliares que se pueden configurar para manejar elementos adicionales, como por ejemplo servos o cambiar el modo de vuelo. Convierte las órdenes que realicemos con los mandos en señales de radio que transmite en la frecuencia de 2,4 Ghz.

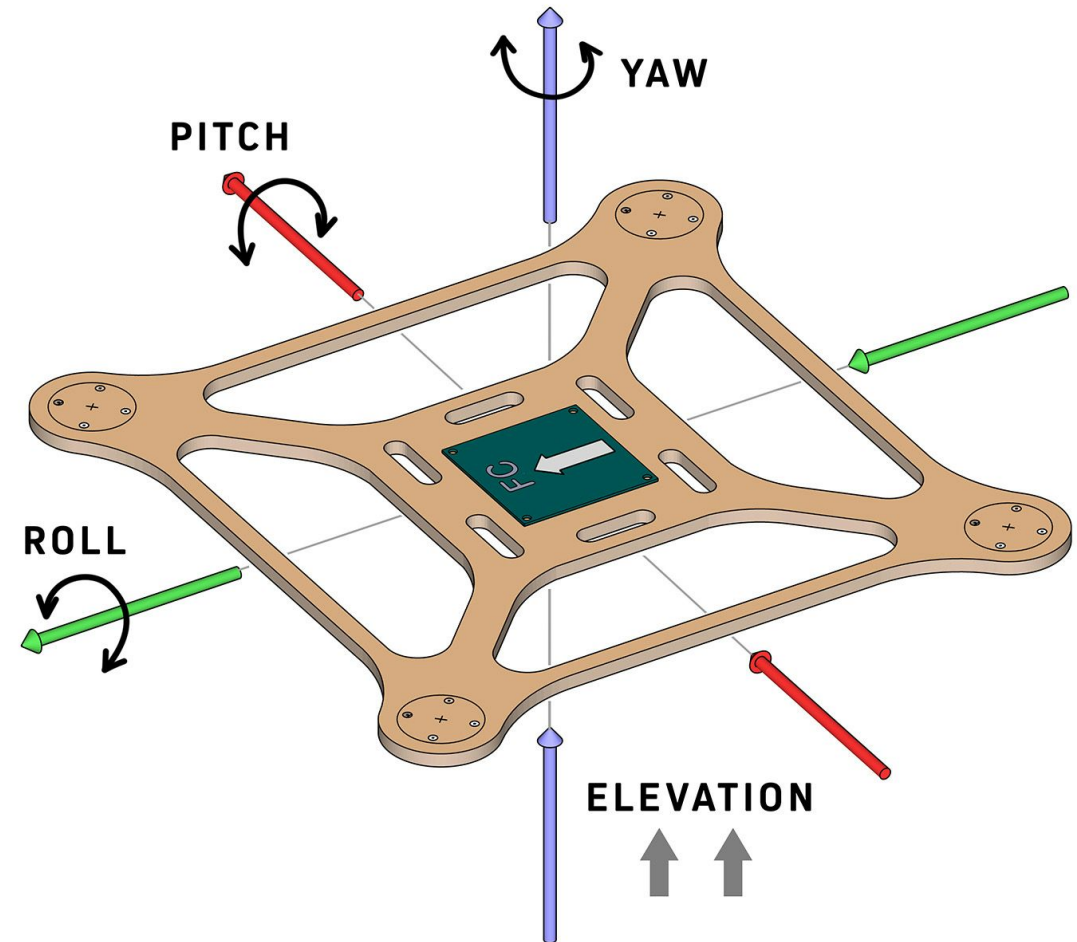
Las palancas de *Yaw*, *Roll* y *Pitch* vuelven a la posición central cuando las soltamos (dejando así el aparato nivelado), pero la de *Throttle* se quedará en la posición en la que la dejemos.

1. **THROTTLE**. Controla la velocidad de los motores y por tanto la elevación del cuadricóptero.
2. **YAW**. Giro sobre sí mismo en el eje vertical, sin desplazamiento.
3. **ROLL**. Inclinación a derecha o izquierda sobre el eje longitudinal.
4. **PITCH**. Rotación hacia adelante o atrás respecto al eje transversal.



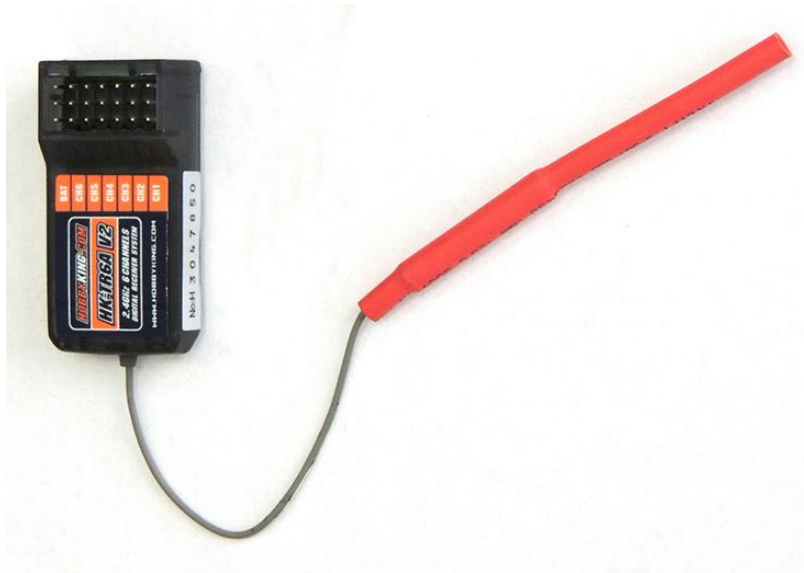
En el siguiente gráfico podemos ver los ejes de movimiento del cuadricóptero.

Para que se activen los motores primero es necesario que estén **“armados”**, procedimiento que realizaremos mediante el canal auxiliar 2 (**Aux2**), girando el potenciómetro a la derecha. Esto se utiliza como medida de seguridad para evitar que los motores se pongan en marcha al tocar la palanca de *Throttle* y puedan causar algún daño. Al terminar de volar y antes de manipular el dron con las manos, debemos asegurarnos de que están **“desarmados”**, girando el mando hacia la izquierda.



## 9. RECEPTOR (RX)

El receptor interpreta la señal de radio que recibe a través de los **seis canales** disponibles y la transforma en órdenes que envía a la controladora de vuelo. Ésta a su vez envía las señales correspondientes a los ESC para que activen los motores, de manera que reproduzcan la orden que le hemos enviado y el cuadricóptero realice los movimientos adecuados.



En este esquema pueden verse las conexiones necesarias para enviar las señales a la controladora de vuelo. El cable de tres hilos del canal 3 (**CH3**) envía la señal de *Throttle* por el pin de color blanco y además recibe alimentación para el receptor a través de los pines rojo y negro.



## 10. BATERÍA

Para alimentar el cuadricóptero usaremos una batería **LI-PO** (de **PO**límero de **LI**tio) con una capacidad de carga de **1.800 mAh**.

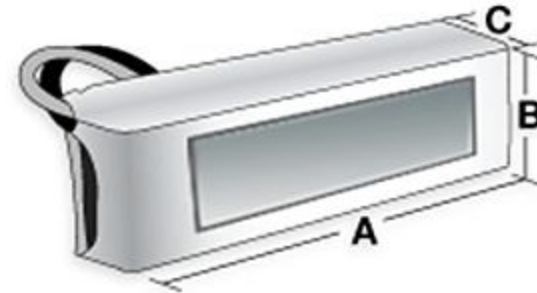
Dispone de dos conectores, uno de color amarillo para conectar a la PDB (y alimentar así todos los componentes) y otro de color blanco para conectarla al cargador.

Este tipo de baterías tiene 3 características importantes para usarlas con multicopteros:

- son **ligeras** y se pueden hacer de casi cualquier forma y tamaño
- tienen **gran capacidad** para almacenar energía
- tienen una tasa de **descarga muy alta** lo que permite suministrar el voltaje necesario para todos los motores ante cambios bruscos de velocidad o dirección



## CARACTERÍSTICAS



Voltaje	11,1 v. / 3 Celdas
Capacidad	1.800 mAh
Descarga	25C / 50C
Peso	161 g. (cable y conectores inc.)
Dimensiones	115(A) x 35(B) x 21(C) mm.
Conector carga	JST-XH
Conector descarga	XT60



Están formadas por elementos de 3.7v llamadas **celdas** conectadas en serie para conseguir el voltaje necesario.

Se suelen utilizar baterías de Lipo desde 2 hasta 8 celdas en función del tipo de modelo en el que va a ir instalada y las prestaciones que queramos que tenga el mismo.

El **voltaje** de nuestra batería es muy importante ya que el variador (ESC) al que la conectemos, tendrá unas especificaciones máximas y mínimas y un sobre voltaje podría dañar el variador y un voltaje menor de lo necesario haría que las prestaciones no fueran las suficientes.

Para saber el voltaje de una batería (que normalmente viene indicado en su etiqueta) solo tenemos que multiplicar el número de celdas por el voltaje de esta, ya que se conectan en serie.

En nuestro caso que vamos a utilizar una batería **3S con 3 celdas**, tiene un voltaje de 11,1v (3,7 x 3 celdas = 11,1v)

La **capacidad** indica cuánta energía puede almacenar la batería y se indica en **miliamperios hora** (mAh).

Esta característica es la que determina el tiempo de funcionamiento ya que a más carga eléctrica almacenada, más tiempo tardará en descargarse para un consumo determinado.

$$\text{tiempo de descarga} = \frac{\text{carga electrica bateria}}{\text{consumo electrico dispositivo}}$$

Cuanto mayor capacidad tiene una batería mayor será su peso, su tamaño y su coste, por lo que hay que encontrar un equilibrio a la hora de su elección.

Además de la especificación de los miliamperios de la batería, también se detalla una referencia de **descarga máxima** que viene expresada con un número seguido de una 'C' (25C-50C), donde C es el amperaje de la batería. Este valor nos indica que la batería se puede descargar a 25C de manera continuada y que podría darnos hasta 50C por un tiempo limitado, apenas unos segundos.

Con estos datos sabemos que la descarga máxima a la que podemos someter esta batería sería 45.000mAh (25 x 1.800), es decir 45A por lo que nuestro multicoptero debería consumir como máximo 40A ya que siempre es necesario dejar un margen.





Por las características de este tipo de baterías, hay que seguir ciertas instrucciones para evitar accidentes:

1. Utilizar siempre un **cargador específico** para Lipos.
2. Cargar en un lugar **alejado de elementos inflamables**.
3. **No dejarlas cargando** durante la noche o **sin vigilancia**.
4. No cargar las baterías justo después de utilizarlas. Antes de recargarla hay que **dejar que se enfríe**.
5. Si durante la carga observamos que se hincha, hay que desconectarla y sacarla al exterior.
6. Si se cortocircuita **puede incendiarse**.
7. No dejar las baterías al sol o en el maletero del coche (especialmente en verano).
8. Es recomendable cargar las baterías el día que vamos a usarlas (o el día anterior).

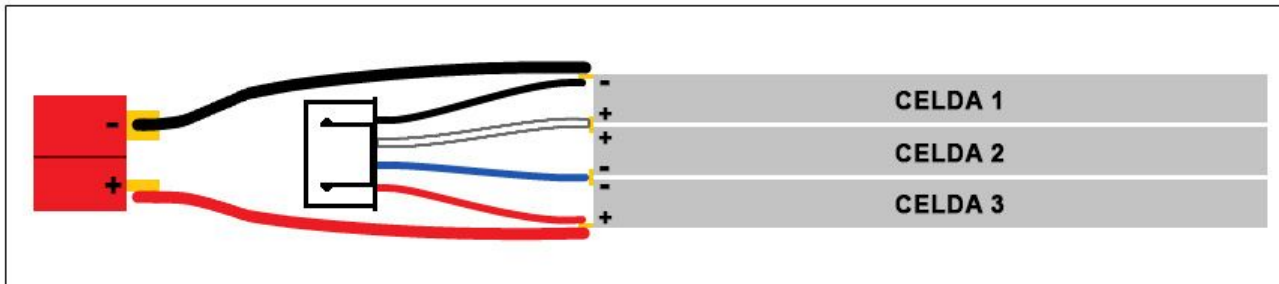
## 11. CARGADOR DE BATERÍA

El cargador nos permite cargar la batería para hacer funcionar todos los elementos del dron.



Por la característica de la batería **LIPO** de estar compuesta por varias celdas en serie (**3S** en nuestro caso), debemos utilizar un **cargador balanceado**. Se llama así porque dispone de un conector que monitoriza y alimenta las tres celdas de la batería de forma independiente para conseguir que estén “balanceadas”, es decir equilibradas en cuanto a su valor de voltaje.

Esto se puede comprender con el siguiente esquema de la batería donde se puede ver las tres celdas conectadas en serie y los dos conectores de la batería. El conector de color blanco (tipo JST-XH) lo usaremos para cargar la batería y el de color naranja (tipo XT60) para alimentar el dron.



## **ATENCIÓN: NUNCA SE DEBE CARGAR LA BATERÍA MEDIANTE EL CONECTOR NARANJA**

El cargador LiPo utiliza un método de carga de **corriente constante / voltaje constante (cc/cv)**. Lo que significa que la corriente constante se aplica a la batería durante la primera parte del ciclo de carga. A medida que la tensión de la batería se acerca a la tensión de carga del 100%, el cargador reducirá automáticamente la corriente de carga y luego aplicará una tensión constante.

Cada celda de batería LiPo de 3.7 voltios estará cargada al 100% cuando alcance los 4.2 voltios y el cargador lo indicará cambiando el color del diodo LED correspondiente a cada celda de color rojo a verde. Cuando la batería esté completamente cargada es conveniente desconectar el cargador de la red eléctrica.

## 12. MONITOR DE BATERÍA

El tiempo de vuelo con nuestro dron dependerá de muchos factores (tamaño, material del frame, componentes, peso total, forma de pilotar) pero en general, no suele superar los 10~20 minutos debido al gran consumo de corriente de los motores.

Para evitar que se agote la batería cuando el dron esté volando y acabe estrellándose, se suele utilizar un **monitor de batería**.

Se trata de un pequeño circuito electrónico que lee constantemente el valor de voltaje de la batería y cuando este valor es inferior al que le hemos programado, activa un zumbador para avisarnos y así poder aterrizar el aparato.



Como la controladora de vuelo que vamos a utilizar (Flip32+) ya dispone de esta funcionalidad, será suficiente con conectar un zumbador a los pines marcados como “**BEEP**” y dos cables de la batería a los pines marcados como “**Vbat**”, respetando la polaridad que se indica en la placa.

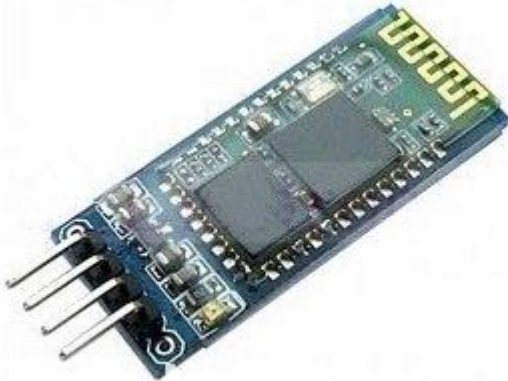


Será necesario hacer algunas pruebas para conocer el voltaje mínimo que necesitan los cuatro motores y así programar la controladora de vuelo para que nos avise antes de que se agote la batería.



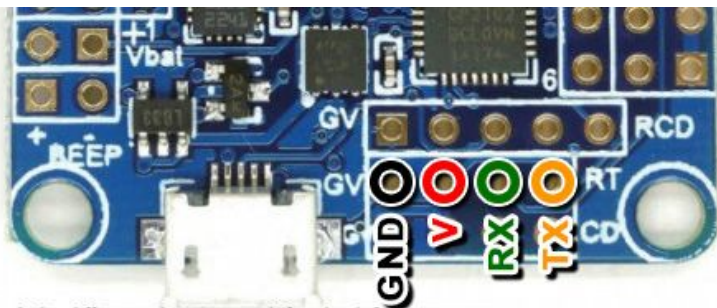
### 13. MÓDULO BLUETOOTH

Es posible **configurar** e incluso **pilotar** nuestro cuadricóptero utilizando un *smartphone*, una *tablet* o un ordenador. Para hacer posible la comunicación inalámbrica entre la controladora de vuelo y el dispositivo, será necesario conectar un **Módulo Bluetooth** externo, ya que la controladora no dispone de esta funcionalidad.



**ATENCIÓN:** Cuando se utilice la conexión por Bluetooth no debe conectarse el cable USB a la controladora.

Para ello usaremos el puerto serie que tiene la controladora, conectando los cuatro pines marcados como RT situados a la derecha del conector MicroUSB.



FLIP32+	BLUETOOTH
<b>GND</b>	<b>GND</b>
<b>V</b>	<b>VCC</b>
<b>RX</b>	<b>TX</b>
<b>TX</b>	<b>RX</b>

Conectaremos negativo (**GND**) y positivo (**V**) de la controladora a negativo (**GND**) y positivo (**VCC**) del módulo y cruzaremos los cables de transmisión y recepción entre los dos dispositivos. Es decir, el de recepción (**RX**) de la Flip32+ lo conectamos al pin de transmisión (**TX**) del módulo, y el de transmisión (**TX**) de la controladora al de recepción (**RX**) del módulo.

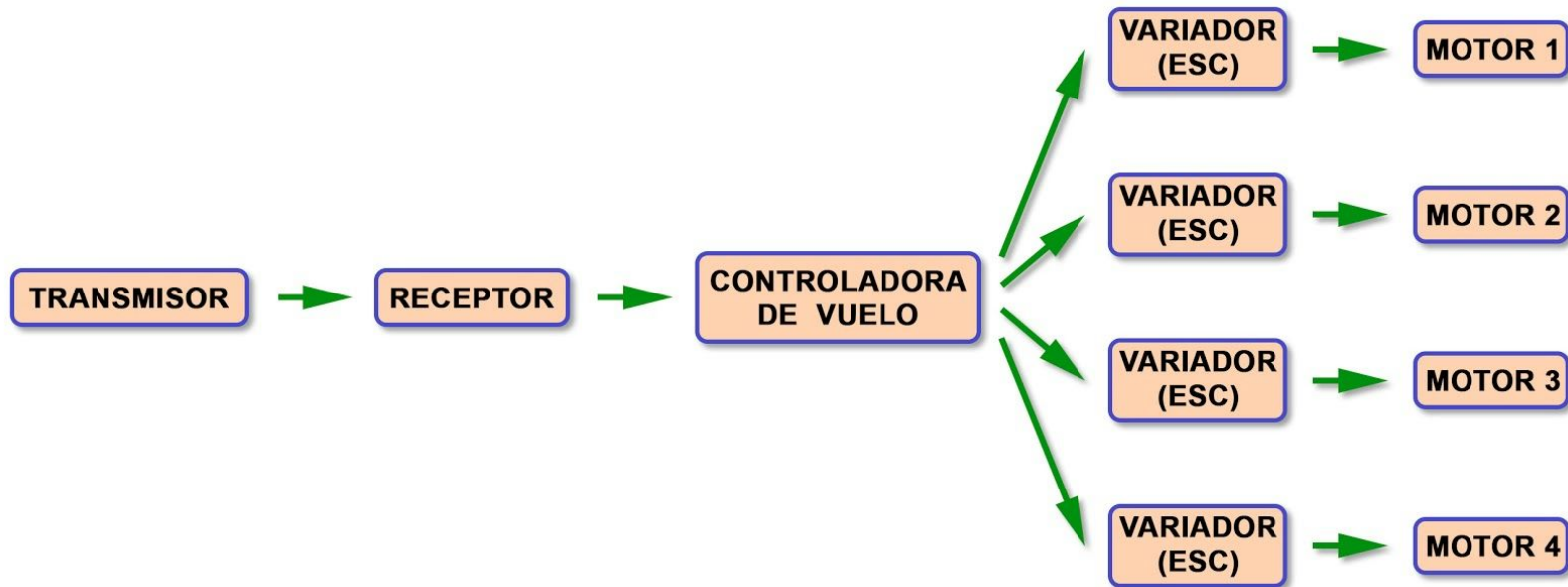


Una vez conectado el módulo, usaremos la aplicación “**EZ-GUI Ground Station**” para configurar el cuadricóptero (e incluso pilotarlo) que podremos descargar en nuestro dispositivo Android desde este enlace: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ezio.multiwii&hl=es>

## FUNCIONAMIENTO

Una vez ensamblados todos los componentes, es importante comprender la dinámica de funcionamiento del cuadricóptero a partir de las órdenes que le demos a través del **transmisor**.

El **receptor** recibe cada orden a través del canal correspondiente, envía una señal a la **controladora** que la interpreta y activa la señal del **variador**, para que actúe sobre los **motores** necesarios para realizar el movimiento que hemos ordenado.



Vamos a explicar los **movimientos** que podemos realizar con el cuadricóptero, recordando que será la **controladora de vuelo** la que haga todo el trabajo de distribuir la potencia de manera diferente a cada motor en función de la orden que le demos con los controles del transmisor.

A la hora de hacer volar el cuadricóptero, es conveniente familiarizarse primero con los controles para realizar los movimientos básicos, comprender su funcionamiento y que así sea el manejo más intuitivo.

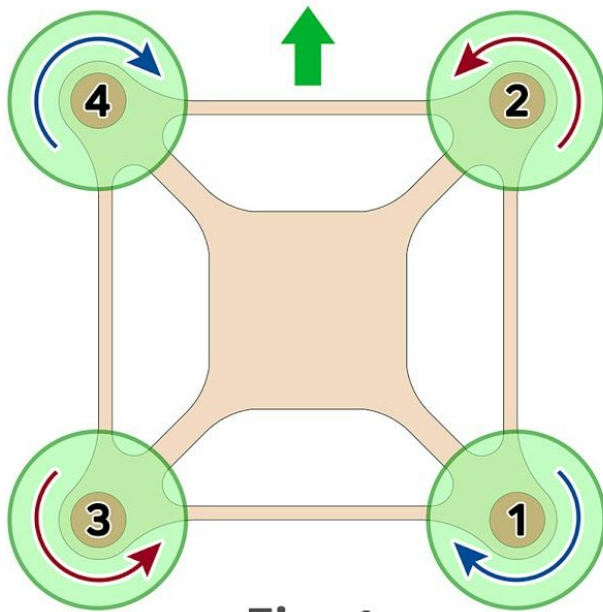
## MOVIMIENTOS DE ELEVACIÓN, SUSTENTACIÓN Y DESCENSO

Para conseguir los movimientos de **elevación**, **sustentación estática** y **descenso**, utilizaremos la palanca de **Throttle**, lo que activará los cuatro motores al mismo tiempo (cada uno con su sentido de giro según el esquema QuadX) con una velocidad suficiente, de manera que las hélices produzcan el empuje necesario para compensar el efecto de la gravedad.

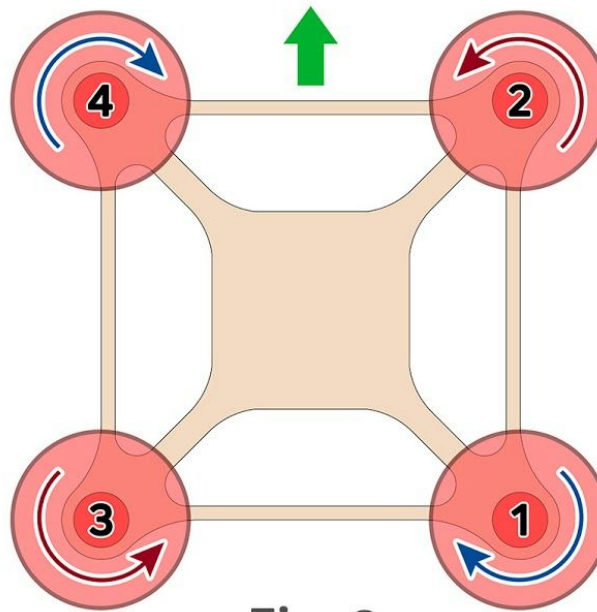
Si subimos la palanca, la controladora de vuelo aumentará la velocidad de los cuatro motores (**en verde**) a la vez y el dron se elevará (**Fig. 1**).

Si la bajamos, el dron descenderá al disminuir la controladora las revoluciones de los cuatro motores (**en rojo**) al mismo tiempo (**Fig. 2**).

### ELEVACIÓN Y DESCENSO



**Fig. 1**  
ELEVACIÓN



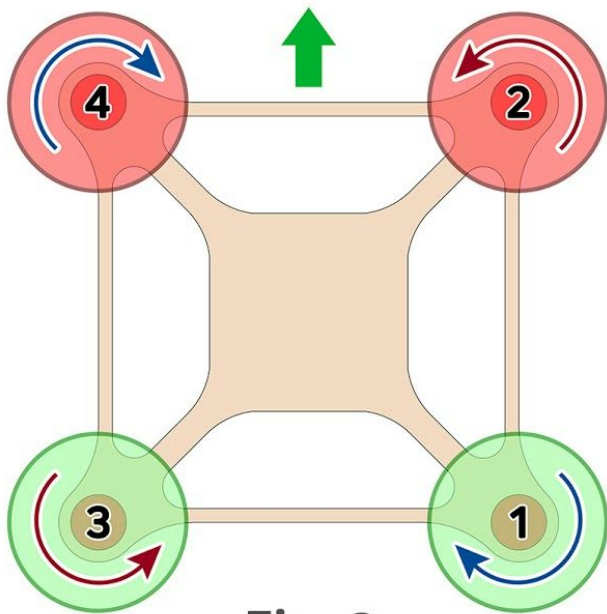
**Fig. 2**  
DESCENSO

## AVANCE Y RETROCESO (PITCH)

Si cuando el dron está en el aire queremos desplazarlo **hacia delante** (*Pitch*), tenemos que subir la palanca correspondiente en el transmisor, lo que aumentará el empuje de los motores traseros (**en verde**) y disminuirá el de los delanteros (**en rojo**) (**Fig. 3**).

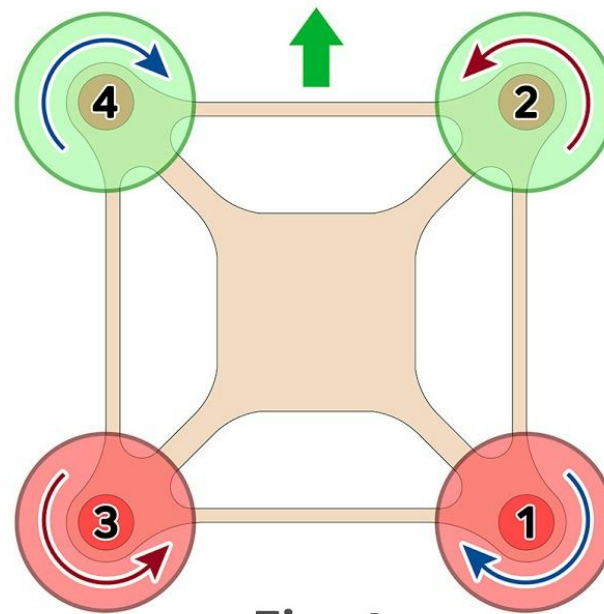
Si queremos desplazarlo **hacia atrás** bajando la palanca, la controladora de vuelo aumentará la velocidad de los motores delanteros (**en verde**) y reducirá la de los traseros (**en rojo**) (**Fig. 4**).

## AVANCE Y RETROCESO (PITCH)



**Fig. 3**

DESPLAZAMIENTO HACIA DELANTE



**Fig. 4**

DESPLAZAMIENTO HACIA ATRÁS

## DESPLAZAMIENTO LATERAL (ROLL)

Para desplazar el cuadricóptero lateralmente **a la izquierda** moviendo la palanca de **Roll**, la controladora aumentará la velocidad de los motores 1 y 2 (**en verde**), y disminuirá las revoluciones de los motores 3 y 4 (**en rojo**) (Fig. 5).

Si queremos que se desplace **a la derecha**, la controladora aumentará la potencia de los motores 3 y 4 (**en verde**), y reducirá la velocidad de los motores 1 y 2 (**en rojo**).

## DESPLAZAMIENTO LATERAL (ROLL)

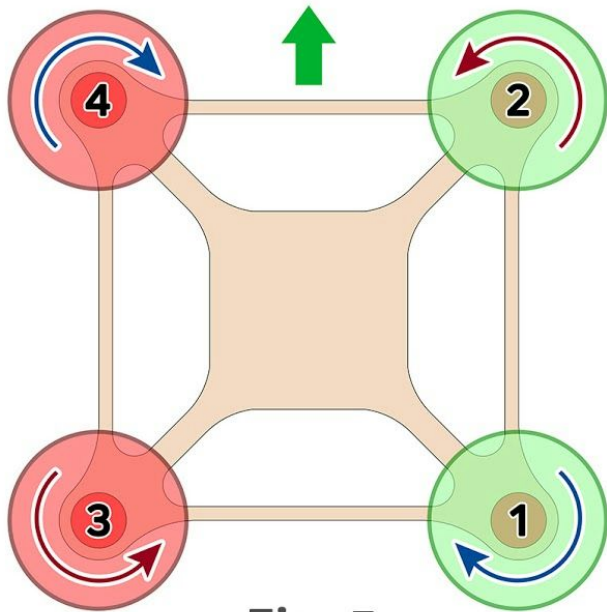


Fig. 5

DESPLAZAMIENTO A IZQUIERDA

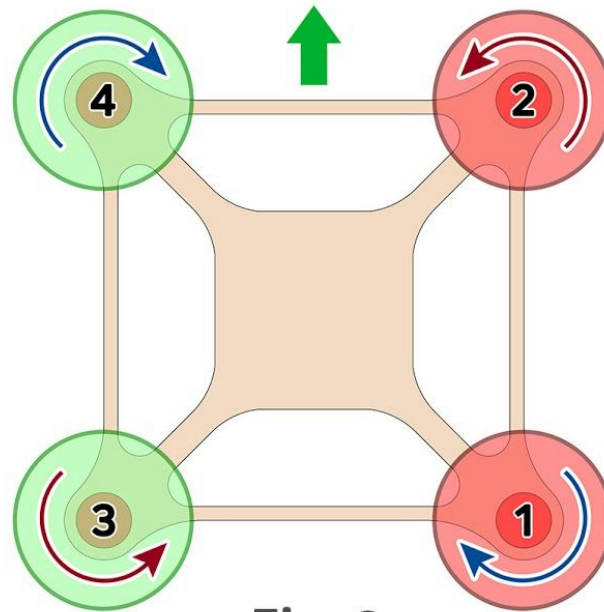


Fig. 6

DESPLAZAMIENTO A DERECHA



## GIRO SOBRE EL EJE VERTICAL SIN DESPLAZAMIENTO (YAW)

Para girar sobre sí mismo sin desplazamiento (**Yaw**) hay que aumentar el empuje de los dos rotores que **giran en el mismo sentido** y disminuir el empuje de los que **giran en sentido contrario**.

Para que el giro del cuadricóptero tenga sentido **anti-horario (CCW)**, la controladora hará girar más rápido el motor de la parte **frontal-derecha (2)** y el de la parte **trasera-izquierda (3)**, al mismo tiempo que reducirá la velocidad del situado en el **frontal-izquierda (4)** y del que está en la parte **trasera-derecha (1)** (Fig. 7).

Para que el dron gire en sentido **horario (CW)** habrá que hacer lo opuesto, aumentar las revoluciones de los que comparten la otra diagonal (**motores 1 y 4**) y disminuir las de los opuestos (**motores 2 y 3**) (Fig. 8).

## GIRO SOBRE EL EJE VERTICAL (YAW)

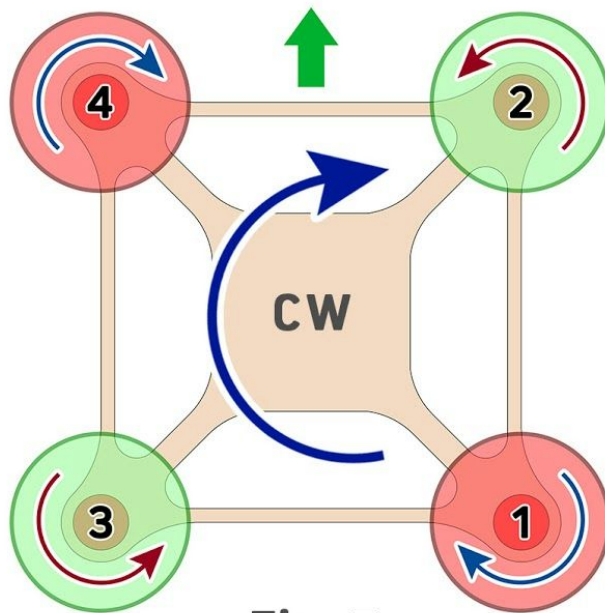


Fig. 7

GIRO A LA IZQUIERDA

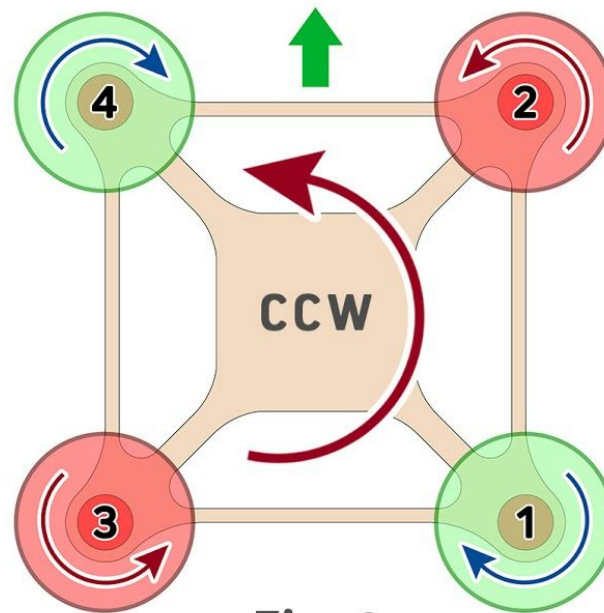


Fig. 8

GIRO A LA DERECHA