

---

# **Manual de Usuario - BEcopter**

***Release v0.9***

**Eric Bastida**

**octubre de 2018**



---

## Contenido:

---

Ventajas . . . . .	1
Introducción a BEcopter . . . . .	2
Instalación . . . . .	2
Primeros pasos . . . . .	2
Pestaña de Inicio . . . . .	4
Botonera . . . . .	4
HUD ( <i>Head Up Display</i> ) . . . . .	5
Misiones y Gráficos . . . . .	8
Pestaña de Conexión . . . . .	11
Pestaña de Comando . . . . .	13
Mando . . . . .	13
Botones . . . . .	13
Ejes . . . . .	14
Pestaña de Configuración . . . . .	15



*BEcopter* es un software que ha sido desarrollado como proyecto final de la carrera Ingeniería en Informática de la Universidad Nacional del litoral *UNL* provincia de Santa Fe, Argentina. El origen de este proyecto surge de la necesidad de integrantes del Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia *sinc(i)* en tener una plataforma que pueda ser el intermediario para controlar y navegar un vehículo aéreo no tripulado. En este manual explicaremos cómo utilizar *BEcopter* con el fin de poder controlar su vehículo y ejecutar maniobras aéreas que serán enviadas desde una PC a a nuestro vehículo.

## Ventajas

BEcopter proporciona las siguientes facilidades:

1. No es necesario un radio control, por lo general estos artefactos son caros y a la hora de poder controlar vehículos aéreos son obligatorios. Con BEcopter esto ya no es necesario y puede ser reemplazado por un simple Joystick de computadora.
2. Es *Open Source* por lo tanto puede ser modificado a necesidad del usuario.
3. Su desarrollo está orientado a no simplemente el control de un tipo de vehículo (aéreo), sino a varios, tales como vehículos terrestres y/o acuáticos.<sup>1</sup>

---

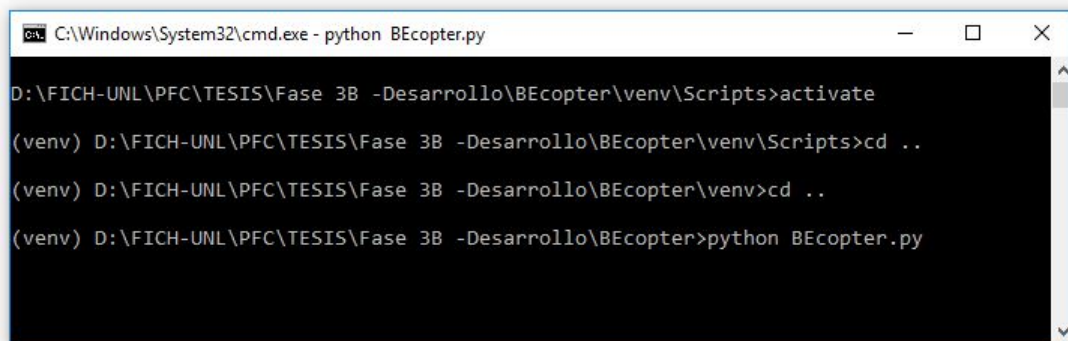
<sup>1</sup> Dicha característica será implementada en las próximas versiones.

## Introducción a BEcopter

BEcopter es una plataforma para el guiado y navegación de vehículos aéreos no tripulados, en la cual en versiones posteriores se tendrá como fin abarcar más tipos de vehículos, ya sean aéreos o no. Este proyecto ha sido desarrollado con la ventaja de poder ser ejecutado en varias plataformas, por lo cual, puede correr en distintos tipos de sistemas operativos como Windows, Linux y MacOS. Se distribuye bajo la licencia GPL, por lo tanto, es de tipo open source y puedes realizar tus respectivas modificaciones si lo crees necesario; para realizar modificaciones debes ingresar al siguiente link en GitHub: <https://github.com/ERicBastida/BEcopter>.

## Instalación

Para su respectiva instalación simplemente descargamos el proyecto desde [GitHub](#) y mediante los siguientes comandos podemos empezar a utilizar BEcopter



```
C:\Windows\System32\cmd.exe - python BEcopter.py

D:\FICH-UNL\PFC\TESIS\Fase 3B -Desarrollo\BEcopter\venv\Scripts>activate

(venv) D:\FICH-UNL\PFC\TESIS\Fase 3B -Desarrollo\BEcopter\venv\Scripts>cd ..

(venv) D:\FICH-UNL\PFC\TESIS\Fase 3B -Desarrollo\BEcopter\venv>cd ..

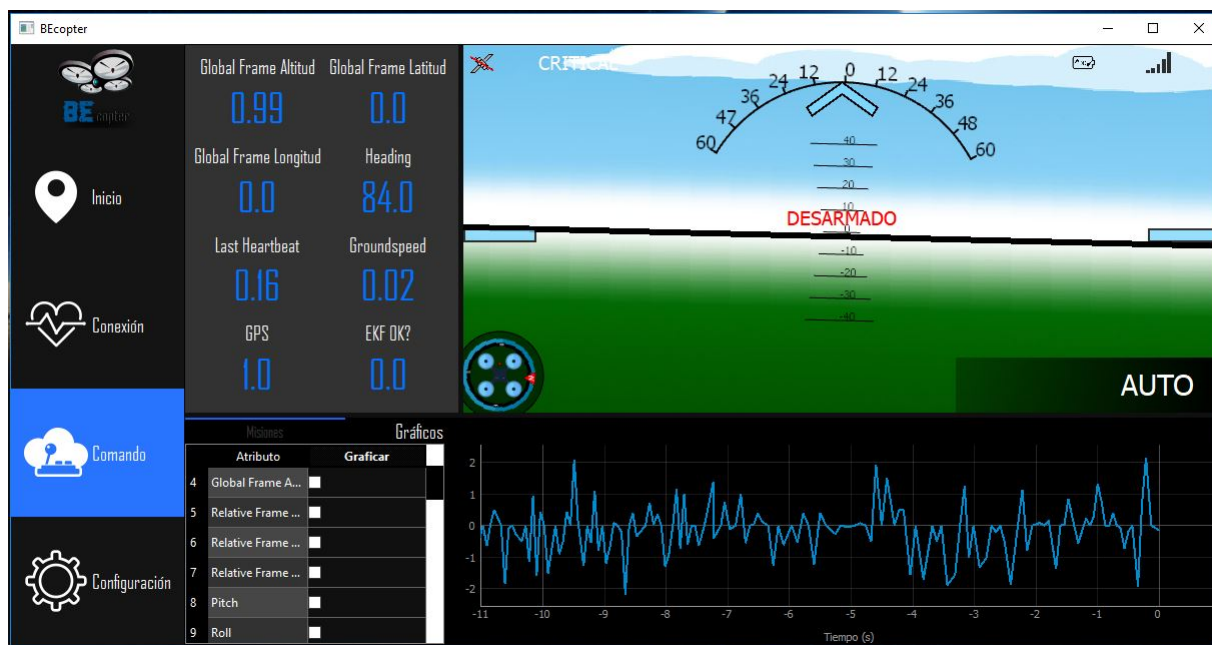
(venv) D:\FICH-UNL\PFC\TESIS\Fase 3B -Desarrollo\BEcopter>python BEcopter.py
```

## Primeros pasos

Cuando iniciemos *BEcopter* por defecto nos mostrará la pestaña de ayuda, donde nos proporcionará información sobre el uso de BEcopter, en caso de necesitarla. En primera instancia vamos a tener habilitado dos pestañas que son la pestaña de *CONEXION* y la pestaña de *COMANDO*. Estas pestañas son de suma importancia ya que de estas dos depende el control del vehículo.

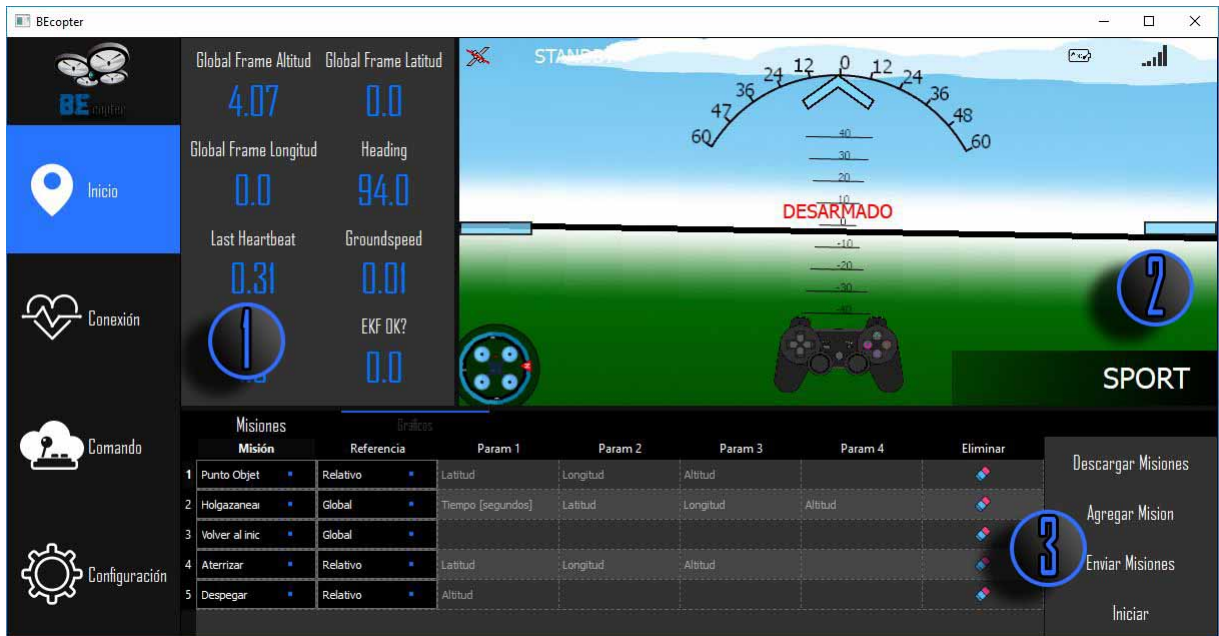
En la pestaña de conexión vamos a tener disponible dos campos en el cual debemos escribir el IP de nuestro equipo conectado a la red (debe ser la misma a la que está conectado el vehículo) y el puerto por defecto es 14450. Una vez ingresados pulsamos conectar y si todo está correcto *BEcopter* establecerá una conexión con el vehículo mostrando la información pertinente. En la pestaña *COMANDO* se deberá seleccionar el Joystick que será el encargado de controlar el vehículo y además este habilitará el envío de misiones.

Por último, tendremos a *BEcopter* corriendo y en condiciones de volar nuestro vehículo.



## Pestaña de Inicio

La pestaña de Inicio de *BEcopter* es la responsable de mostrar la información proveniente del vehículo de varias maneras y además, es la encargada de enviar los comandos al vehículo para realizar las respectivas maniobras. Esta pestaña podemos subdividirla en regiones, de la siguiente manera



## Botonera

La región n° 1 contiene un conjunto de botones, los cuales pueden ser pulsados y tener la opción de elegir el parámetro que se desea mostrar según la necesidad del piloto. Estos son una alternativa a la gráfica mostrada en la región [3.b Gráficos](#) pero con la diferencia que se pueden observar de manera instantánea los cambios de valores.





### HUD ( *Head Up Display* )



El HUD o según su respectiva traducción al español «*Pantalla de cabeza arriba*» es la encargada de mostrar gráficamente el estado actual del vehículo, con esto hacemos referencia que simula una vista en primera persona desde el vehículo con el fin de que el piloto vea el estado del mismo. Dentro del *HUD* podremos observar varios elementos gráficos que darán información en tiempo real de lo que esta sucediendo con nuestro vehículo. Estos elementos son:

#### GPS

Este elemento gráfico mostrará el estado del GPS, en caso de no ser aceptable la señal percibida mostrará un «satélite» con una línea cruzada, lo que indica que dicha señal no es aceptable. Para solucionar el problema, es aconsejable que

ubique el vehículo en un espacio libre de obstáculos, como edificios, árboles, fuentes de electromagnetismo, etc.

### Estado del vehículo

El estado del sistema de vehículo es un aspecto importante a tener en cuenta, ya que si no se encuentra en condiciones no va a ser posible despegar o recibir misiones. Esta es una lista de los estados que puede tener el vehículo:

- UNINIT: El estado es desconocido o todavía no se ha iniciado.
- BOOT: El sistema se encuentra arrancando.
- CALIBRATING: Un proceso de calibración se encuentra ejecutando, por lo tanto, no es posible arrancar.
- STANDBY: Se encuentra en la espera de comandos.
- ACTIVE: El sistema está activo y podría estar en el aire ejecutando maniobras.
- CRITICAL: El sistema está en un modo de vuelo anormal. Sin embargo, todavía puede maniobrar.
- EMERGENCY: Aparece cuando se ha perdido el control sobre el vehículo. De esta manera, este podría estar realizando un aterrizaje forzoso.
- POWEROFF: Se está iniciando el proceso de apagado del sistema.

### Batería

Mostrará información del nivel de carga de la batería, en caso de encontrarse conectado a una fuente de alimentación mostrará en su interior las iniciales de DC *Corriente Directa*.

### Señal

El nivel de señal estará basado según el último *heartbeat* o pulso recibido en BEcopter, entre mayor sea duración del último pulso menor será la calidad de señal recibida.

### Ángulo de banco

Este instrumento indica al usuario la inclinación en el *eje x* o *Roll* del vehículo, con la particularidad de que se encuentra limitado en el rango  $[-(-60^\circ), 60^\circ]$  y en caso de sobrepasar este límites se indicará con una flecha en color rojo a modo de precaución y estabilización.

### Líneas de referencia

Estas líneas de referencia tienen el fin de mostrar en pantalla el pitch que está teniendo el vehículo en tiempo real, de la misma forma que el ángulo de banco, esta muestra un rango limitado de  $[-40^\circ, 40^\circ]$ .

### Indicador de rumbos

O también conocido como giróscopos direccionales, es un instrumento que indica el rumbo que lleva la aeronave. Este instrumento se alinea en base a los polos magnéticos de la tierra según los datos obtenidos del magnetómetro dentro del vehículo. Por lo cual nos estaría indicando según «*la rosa de los vientos*» si nos estamos dirigiendo en dirección al Sur, Norte, Noreste, etc.

## Icono de Josystick

Este icono representando un joystick, tiene la finalidad informar al piloto del vehículo que el modo de vuelo que tiene seleccionado el vehículo acepta comandos desde el Joystick, por lo tanto es posible controlar el vehículo en modo manual.

## Modos

Dependiendo del objetivo del vehículo existen distintos tipos de vuelo se pueden aceptar, como, por ejemplo

Modo	Alt Ctr	Pos Ctrl	GPS	Resumen
Acro	-	-		Mantiene la posición, sin auto nivelarse
Alt Hold	s	+		Mantiene la posición y auto-controla el Roll & Pitch
Auto	A	A	Y	Se ejecutan misiones pre-cargadas
Auto-Tune	s	A	Y	Procedimiento automatizado de inclinación y banco para mejorar el control en los circuitos.
Brake	s	A	Y	Hace que el vehículo se detenga inmediatamente
Circle	s	A	Y	Empieza a girar sobre la posición actual del vehículo
Drift	-	+	Y	Igual a Stabilize, pero controla el Yaw & Roll tal como si fuera un aeroplano
Loiter	s	s	Y	Mantiene la altitud y posición, usa el GPS para moverse
Pos-Hold	s	+	Y	Igual a Loiter, pero el control del Roll & Pitch son manuales si se percibe comando del joystick.
Stabilize	-	-		Autonivela el Roll & Pitch.
Sport	s	s		De la misma manera que Alt Hold, pero mantiene fijo el roll y pitch cuando los mandos están centrados. Alt-hold, but holds pitch & roll when sticks centered
Throw	A	A	Y	Mantiene la posición luego de realizar un despegue.
Land	A	A	Y	Reduce su altitud en línea recta hasta conseguir aterrizar.
RTL	A	A	Y	Retorna al punto de despegue inicial.
Guided No GPS	A	A		Es similar a Guided, exceptuando que no requiere el GPS y únicamente acepta misiones de posición.
Guided	A	A		Solo acepta misiones de posición.

Símbolo	Definición
-	Control Manual.
+	Control manual con limitación de altura.
s	Estabilización automática controlada.
A	Control Automático.
Y	GPS necesario.

## Misiones y Gráficos

En la parte inferior de la pestaña *Inicio* nos encontramos con dos pestañas más, la primera (denotada como sección 3a) contiene las opciones de gestión de misiones sobre el vehículo. En la sección 3b vamos a poder observar y seleccionar los datos de los que deseamos observar su respectiva evolución en el tiempo.

### 3.a Misiones

Misiones

Gráficos

Misión	Referencia	Param 1	Param 2	Param 3	Param 4	Eliminar
1 Punto Objet	Relativo	Latitud	Longitud	Altitud		
2 Holgazanear	Global	Tiempo [segundos]	Latitud	Longitud	Altitud	
3 Volver al inic	Global					
4 Aterrizar	Relativo	Latitud	Longitud	Altitud		
5 Despegar	Relativo	Altitud				

Descargar Misiones

Agregar Misión

Enviar Misiones

Iniciar

3a

BEcopter proporciona un conjunto de misiones que pueden ser enviadas al vehículo con el propósito de que sean ejecutadas de manera secuencial. Pero antes de describir las distintas opciones que tenemos, hay que tener en mente ciertos conceptos tales como los son las *Coordenadas Globales* y *Coordenadas Relativas*: Al momento de asignar misiones al vehículo podemos observar que la mayoría depende de coordenadas para ser enviadas, por lo tanto hay que tener en cuenta que estas coordenadas pueden estar asociadas a un sistema de referencia

- **Global:** Sistema de georreferenciación [latitud, longitud, altura] que pueden ser proporcionadas por el GPS.
- **Relativo:** El sistema de referencia tiene su origen en la ubicación de despegue del vehículo.

Dentro de las alternativas tenemos las siguientes opciones que podemos enviarles, que son:

- **Punto Objetivo:** Esta misión recibe las coordenadas de la nueva posición a la que debe ubicarse el vehículo (según el sistema de referencia establecido).
- **Suspenderse:** Dado un cierto punto de ubicación esta misión tiene como finalidad mantenerse en el aire por una cantidad de tiempo (en segundos) estipulada por el usuario.
- **Volver al inicio:** Antes de iniciar con las misiones el vehículo tomará como punto de partida la posición de despegue, por lo tanto cuando se ejecute esta misión el vehículo tratará de volver a dicha ubicación almacenada.
- **Aterrizar:** Para realizar esta acción es necesario establecer un punto de aterrizaje, el vehículo se dirigirá a dicha ubicación (más allá de la altura establecida) procederá a descender de manera suave hasta detectar que su respectiva altura no está teniendo cambios.
- **Despegar:** Cuando se ejecute esta misión, el vehículo ascenderá desde el suelo lentamente hasta llegar a la altura establecida por el usuario.

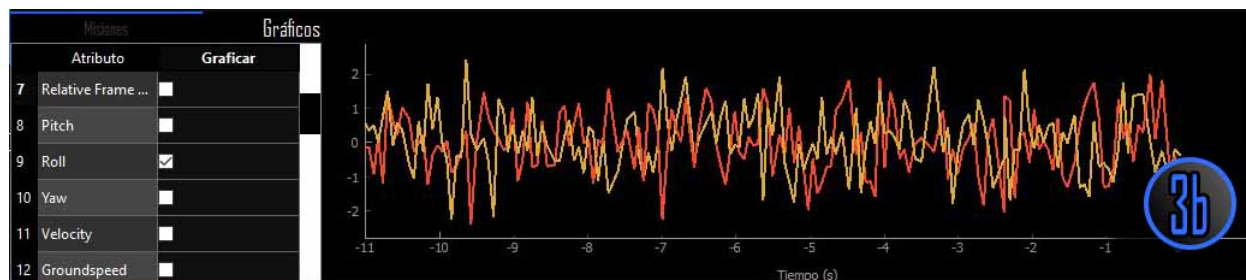
**Atención:** Las características de cada misión pueden ser modificadas en la pestaña Configuración, como por ejemplo, cantidad de misiones, velocidad de ascenso y descenso, etc.

Luego de indicar los tipos de acciones es momento de enviarlas al vehículo, para esto BEcopter brinda un conjunto de acciones que gestionan estas misiones. En la parte derecha de la lista de misiones podemos observar que contamos con un conjunto de botones de la siguiente manera:

- **Descargar Misiones:** Esta opción descarga las misiones que están almacenadas y no ejecutadas hasta el momento por el vehículo.
- **Agregar Misión:** Agrega una nueva fila en la lista de misiones de BEcopter.

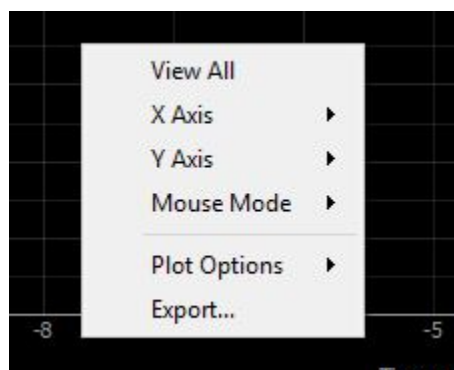
- **Enviar Misiones:** Valida y en caso de estar todo correcto, envía las misiones al vehículo para que sean almacenadas.
- **Iniciar:** Realiza un chequeo de que el vehículo y joystick estén en condiciones para realizar las misiones, y en caso afirmativo se procederá a informar el inicio de las mismas o no.

### 3.b Gráficos

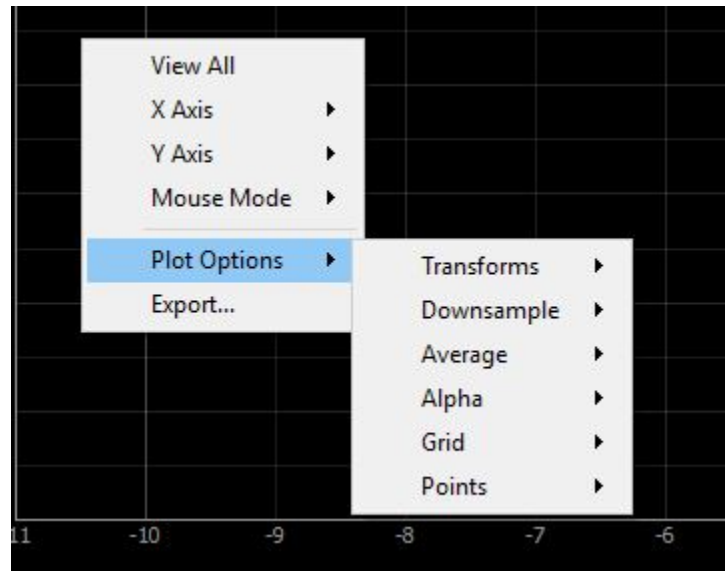


En este apartado podremos observar los valores de los sensores del vehículo como pueden ser Pitch, Roll, Velocidad, Altitud, etc. En la parte izquierda existe una lista con los atributos disponibles para graficar en la parte derecha; a continuación del nombre del atributo podemos ver un *checkbox*, el cual tiene como finalidad ser un valor de condición para poder ver los valores pertinentes en la gráfica. Es importante mencionar que por razones de apreciación la gráfica solamente podrá contener 5 atributos graficados de manera simultánea, por lo tanto, una vez que hayamos seleccionado el 6to atributo automáticamente se procederá a eliminar el primer atributo graficado.

De manera complementaria *BEcopter* ofrece sobre los gráficos opciones que personalizan el comportamiento del mismo. Dentro de estas herramientas tenemos las siguientes opciones

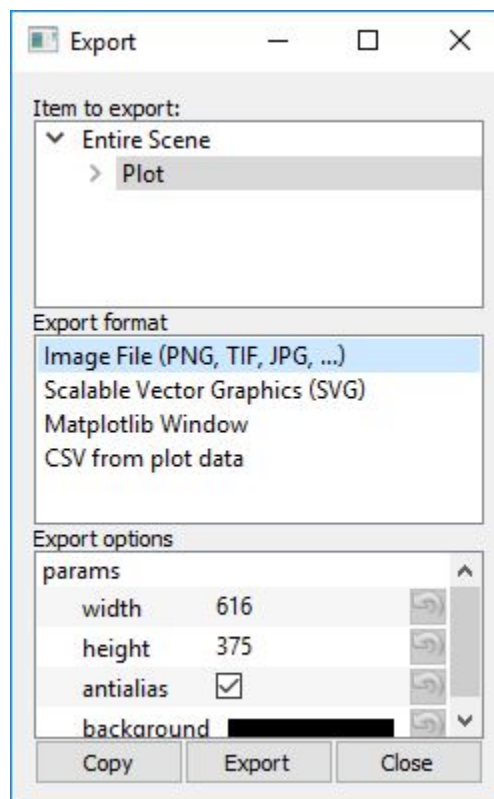


- **Ver todo:** Reestablece la vista para que se puedan observar todas las gráficas presentes.
- **Eje X:** Opciones sobre el eje x, como definir el intervalo dinámico o invertido.
- **Eje Y:** Opciones sobre el eje y, como definir el intervalo dinámico o invertido.
- **Opciones de ploteo:**



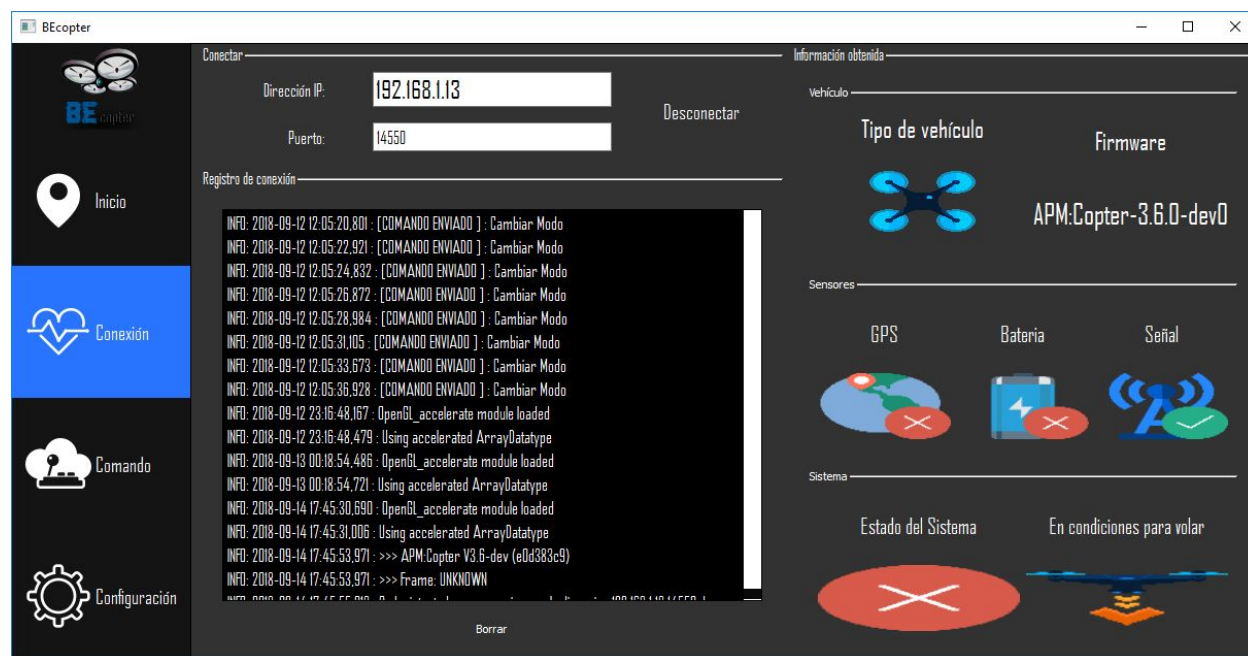
Esta opción contendrá varias funcionalidades que personalizan la estética de la gráfica como pueden ser: Alpha (Transparencia), Grid (Grilla), Points (Puntos), Average (Promediado), Downsample (Muestreado). Por último y de manera complementaria podemos aplicar transformaciones a los datos mostrados, en caso de necesitar ver otro punto de vista de los datos como puede ser la *Transformada rápida de Fourier*, *Transformación Logarítmica de X* y la *Transformación Logarítmica de Y*.

- **Exportar datos:** Por último *BEcopter* ofrece la opción de poder exportar los datos graficados actualmente, dando las distintas alternativas de tipos de formato de guardado, como puede ser imágenes, formato SVG (*Grafico vectorial escalable*), exportarlo a una ventana utilizando la interfaz gráfica de Matplotlib y por último, simplemente como CSV (Valores separados por coma).



## Pestaña de Conexión

En esta pestaña como su nombre lo indica se brindan las opciones referentes a la conexión con el vehículo. Además, muestra información (una vez conectado) del estado del vehículo, como también los mensajes que se intercambian.



En la región de conectar, tenemos disponible dos campos. El primero es para ingresar el IP de red asignado a la máquina en la cual está corriendo *BEcopter*. Debemos prestar atención en que debemos estar conectados a la misma red a la que está conectado el vehículo. Una vez ingresado ese valor y dejando por defecto el puerto ya asignado (siempre y cuando estos valores sean los mismos que estén configurados en el vehículo) para más información se puede consultar el siguiente link de [Navio2](#)

En el apartado de *Registro de conexión* obtendremos toda la información referente a los mensajes que hemos enviado al vehículo y en contraparte con respecto al vehículo.

**Advertencia:** Por lo tanto, es de buena práctica utilizar dicha información en caso de que ocurriera algún tipo de error o inconsistencia.

Una vez conectados al vehículo en la región de *Información obtenida* se mostrarán datos tales como :

- **Tipo de vehículo:** Ya sea tricóptero, hexacóptero, cudricóptero, etc.
- **Firmware:** La información mostrada aquí, corresponderá a la versión del firmware instalado en el vehículo.

**Atención:** Corroborar que su vehículo se encuentre actualizado.

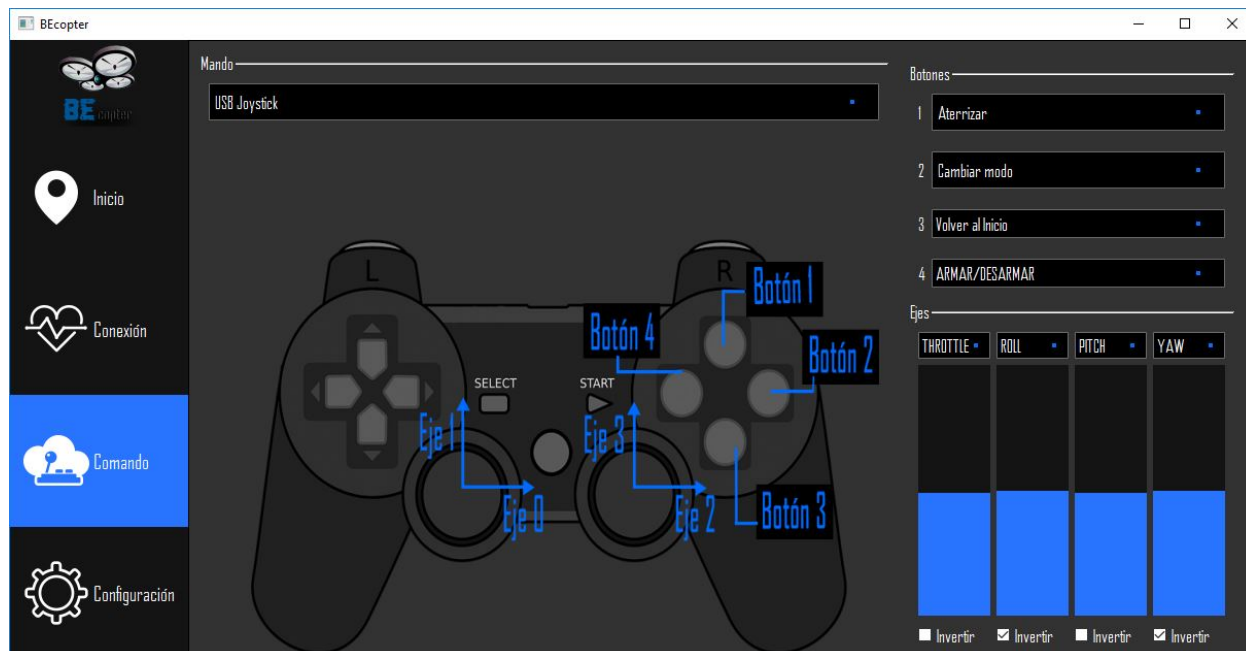
Antes de poder realizar un despegue es de suma importancia que el vehículo se encuentre en condiciones para realizarlo. Es por tal motivo, que antes de comenzar a iniciar con las misiones o un despegue se deberá controlar que todos los sensores como GPS, Batería, Señal, posicionamiento estén correctamente en condiciones. En caso contrario el inicio de un despegue será simplemente rechazado.

En el apartado de *Sistema* tenemos dos iconos, el primero representa el resultado si el vehículo está bien posicionado para iniciar el vuelo, para obtener este valor se comprueba que el vehículo no se encuentre muy inclinado (ya sea verti-

cal o horizontalmente), que no esté en movimiento y los sensores calibrados, como brújula, giróscopo y acelerómetro. Luego, el siguiente icono «es una traba de seguridad» con el fin de no incidir en un vuelo accidental, por lo tanto, una vez que el vehículo se encuentre en condiciones, es decir, todos los iconos muestren resultados favorables se tendrá que «ARMAR» el vehículo, para realizar esto se deberá enviar un comando mediante un Joystick ordenando al vehículo que esté preparado para iniciar su vuelo. Este comando puede ser asignado al Joystick en la pestaña *COMANDO*.



## Pestaña de Comando



La pestaña *COMANDO* es una de las primeras en estar habilitadas, ya que la selección de un joystick para el control del vehículo es de suma importancia para la navegación del mismo. Es por tal motivo que esta pestaña proporciona la opción de seleccionar un joystick que esté conectado al equipo en donde esté corriendo *BEcopter* y poder asignarle a una cierta cantidad de acciones predefinidas.

### Mando

En esta sección podemos encontrar una lista con Joysticks reconocidos por *BEcopter*. En donde se podrá ver su respectiva configuración, en cada botón y *sticks* del *joystick*.

**Advertencia:** El gráfico del comando mostrado en pantalla puede no representar estrictamente la numeración de los botones en el joystick real.

**Atención:** Una manera de corroborar la correcta asignación de acciones es mediante la consola dentro de la pestaña *CONEXION*

### Botones

En este apartado se pueden asignar accesos rápidos a los botones, que pueden ser ejecutados en tiempo real por el vehículo. Las opciones disponibles son:

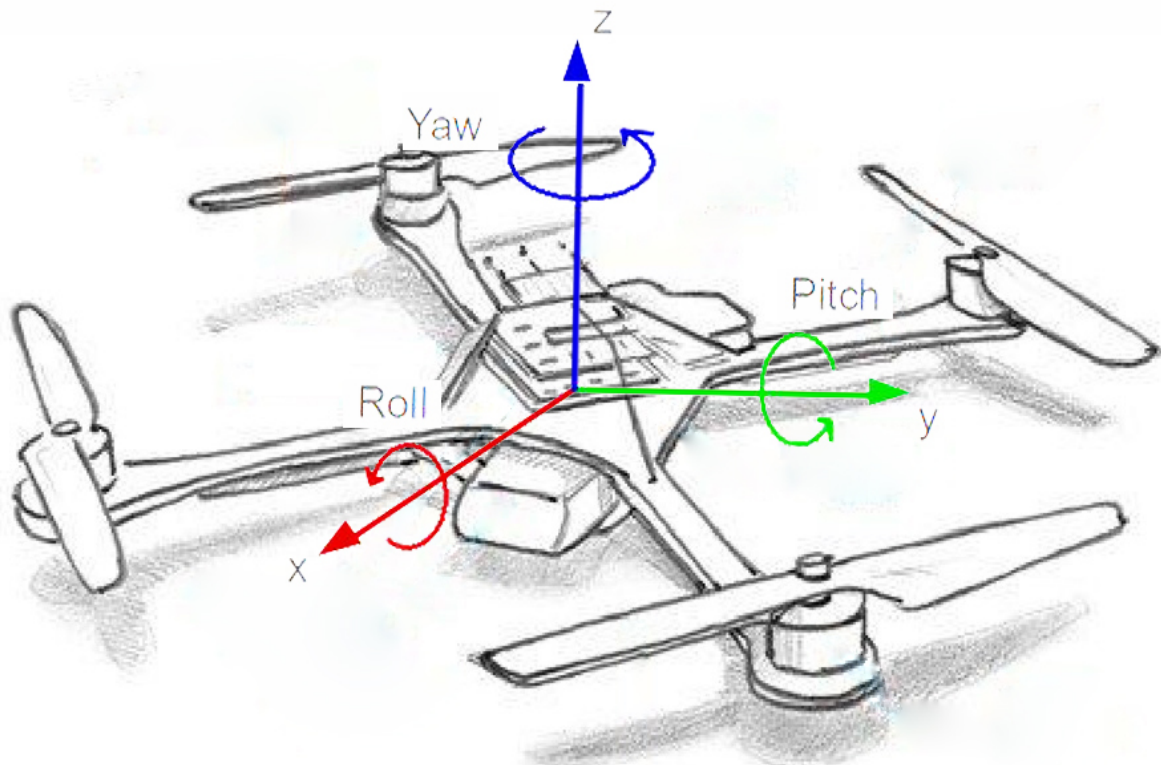
- **Aterrizar:** Como se explicó en la pestaña de *Inicio* este comando le ordena al vehículo descender suavemente hasta no encontrar cambios en la altura del mismo.
- **Cambiar Modo:** En caso de necesitar cambiar el modo de un control manual o automático (entre otras opciones), esta opción es la que se debe seleccionar.

- **Volver al inicio:** En caso de necesitar que el vehículo regrese a la posición inicial de partida, por cierta circunstancia como por ejemplo: poca señal, poca batería, el vehículo no se encuentre visible al piloto, etc. Esta opción es la indicada.
- **Armar/Desarmar:** Como medida de seguridad el vehículo cuenta con la opción de «trabar o destrabar» la habilitación para comenzar a volar (el objetivo de este comando es evitar despegues/vuelos accidentales) por lo tanto esta opción alterna entre el desarmado y armado del vehículo.

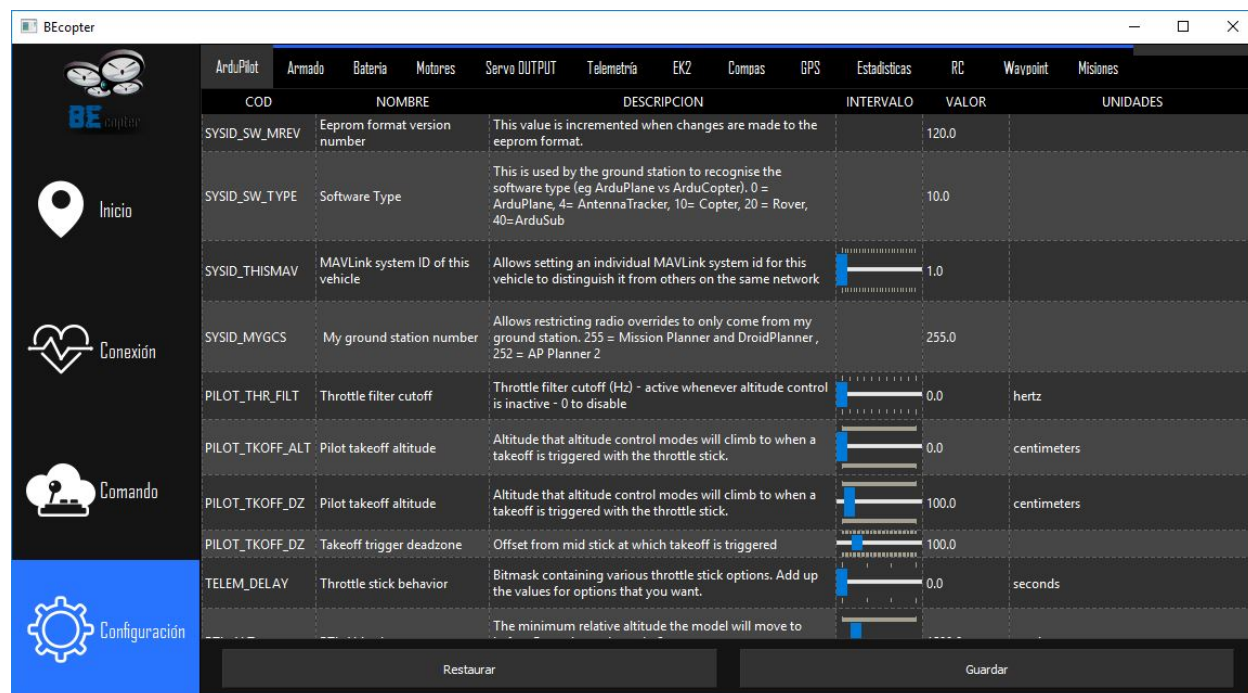
## Ejes

Los ejes están asociados a los valores proporcionados por las palancas «analógicas» comúnmente llamadas. Estos valores serán reflejados en las barras ubicadas en la parte inferior izquierda de la pestaña de *COMANDO* con la opción de poder asignarles los siguientes movimientos

- **THROTRLE:** Potencia brindada a los motores.
- **ROLL:** Giro sobre el eje X del sistema de referencia.
- **PITCH:** Giro sobre el eje Y del sistema de referencia.
- **YAW:** Giro sobre el eje Z del sistema de referencia.
- **Invertir eje:** Por último y en la parte inferior de cada barra esta la opción de poder invertir el orden de los valores. Ya que existen casos en que los valores originales provenientes del periférico provienen en sentido contrario.



## Pestaña de Configuración



Por último *BEcopter* proporciona la posibilidad de modificar los parámetros de configuración del Autopiloto los cuales determinan el comportamiento del vehículo, como puede ser velocidad de despegue, voltaje máximo enviado a los motores, condiciones de pre-armado como también información del uso del vehículo, entre otras cosas.

*BEcopter* ha organizado los parámetros del vehículo en secciones, para una mejor organización. Por lo tanto, tenemos las siguientes pestañas

- **Parámetros generales:** Se configuran aspectos generales del Autopiloto, como restricciones en velocidad, altitud, posición en cada modo.
- **Armado** En este apartado encontrarás los parámetros para el pre-armado.
- **Batería** Aquí se tendrán en cuenta los aspectos generales de la batería, como definir el tipo de batería instalada y sus propiedades.
- **Motores** El comportamiento de los motores al momento de realizar algún tipo de acción se puede definir en este apartado, como también sus respectivas restricciones.
- **Servo OUTPUT:** Además de poder configurar los motores, es posible administrar los pines extras en los cuales pueden estar conectados servo motores. Como por ejemplo la frecuencia de la señal emitida en PWM.
- **Telemetría:** Se definen todas las características del módulo de telemetría instalado en su vehículo.
- **EK2:** *Extended Kalman Filter v2* o Filtro extendido de Kalman (+info), es un algoritmo de estimación de posición, velocidad y angulación del vehículo según los datos provenientes de los sensores como el giroscopio, acelerómetro, compás, GPS, velocidad del viento y barómetro. Esto ayuda al Autopiloto tener un conocimiento del estado del vehículo, por lo tanto, al ser un algoritmo parametrizable el mismo puede configurarse en esta pestaña.
- **Brújula:** Se muestran todas las características del compás instalado en su vehículo.
- **GPS** Se muestran todas las características configurables del GPS instalado en su vehículo.

- **Estadísticas:** Se muestra información de las horas de vuelo, cantidad de inicios del sistema y de reinicios del Autopiloto.
- **Radio Control:** Se muestran todas las características configurables del RC instalado en su vehículo. Como la restricción de sus correspondientes canales (Yaw, Pitch, Roll y Throttle).
- **WayPoints:** Cuando se realicen misiones, el vehículo se debe mover de un punto a otro a una cierta velocidad, como también puede acelerar, entre otras cosas. Aquí se podrá configurar dicho comportamiento.
- **Misiones:** En esta pestaña dedicada a las misiones se tendrá información sobre el total de misiones que se pueden cargar y el comportamiento del vehículo al momento de cambiar entre control manual y automático.

**Advertencia:** La manipulación de estos valores queda sumamente bajo la responsabilidad del usuario. En caso de necesitar información extra puede consultar la siguiente enlace de [MAVLink](#) que es el protocolo que se utiliza para la comunicación entre el vehículo y BEcopter.