



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Implementación de un sistema de transmisión de video en tiempo real  
utilizando el módulo de comunicación Wolf whoop Q3 5.8 GHz para un  
robot volador de carreras**

AUTOR:

Mora Correa, Joel Abelino

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

5 de Marzo del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.  
**Mora Correa, Joel Abelino** como requerimiento para la obtención del título  
de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

---

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DIRECTOR DE CARRERA

---

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 5 días del mes de marzo del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Mora Correa, Joel Abelino**

**DECLARÓ QUE:**

El trabajo de titulación **“Implementación de un sistema de transmisión de video en tiempo real utilizando el módulo de comunicación Wolf whoop Q3 5.8 GHz para un robot volador de carreras”** previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 5 del mes de Marzo del año 2018

EL AUTOR

---

MORA CORREA, JOEL ABELINO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Mora Correa, Joel Abelino**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Implementación de un sistema de transmisión de video en tiempo real utilizando el módulo de comunicación Wolf whoop Q3 5.8 GHz para un robot volador de carreras”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 5 del mes de Marzo del año 2018

EL AUTOR

---

MORA CORREA, JOEL ABELINO

# REPORTE DE URKUND

**URKUND**

**Documento** [Joel Mora.docx](#) (D35749628)

**Presentado** 2018-02-19 11:18 (-05:00)

**Presentado por** jojo\_mora@hotmail.com

**Recibido** edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com

**Mensaje** tesis joel [Mostrar el mensaje completo](#)

1% de estas 27 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

+	Categoría	Enlace/nombre de archivo	-
+	>	<a href="#">Trabajo de Titulación - John Cordero C...</a>	-
<b>Fuentes alternativas</b>			
+		<a href="#">tesis pablo CAP 1 y 2 y 3.docx</a>	-
+		<a href="#">tesis pablo CAP 1 y 2 y 3.docx</a>	-
+		<a href="#">tesis completa.pdf</a>	-

Reiniciar Exportar Compartir

1 Advertencias.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL  
DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN  
TELECOMUNICACIONES

TEMA: Implementación

de un sistema de transmisión de video en tiempo real  
utilizando el módulo de comunicación Wolf whoop Q3  
5.8 GHz para un robot volador de carreras

AUTOR: Mora Correa, Joel Abelino

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título  
de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado con todo mi amor y cariño a DIOS TODO PODEROSO, por darme su bendición cada día. También está dedicada a mis padres que me han apoyado desde el inicio de la carrera universitaria y me seguirán apoyando día a día, quienes me animan a seguir adelante y no quedarme atascado a pesar de la distancia ellos se esfuerzan para brindarme su apoyo, cariño y amor, a mis hermanos que son los incentivos para poder culminar un objetivo más en mi vida. De igual forma a mis maestros, que gracias por su tiempo y su sabiduría que nos han brindado en el transcurso de mi carrera universitaria.

*Joel Mora Correa*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a DIOS TODO PODEROSO por darme la bendición más grande que hay en esta vida mis padres. Agradezco a los arquitectos que guían supervisan e intervienen en mi vida, MIS PADRES. A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por el cual me abrió las puertas para formarme académicamente y profesionalmente, a mis maestros que me han dado sus cátedras magistrales para poder entender sus materias y en especial al MSc. Fernando Palacios por haberme guiado con el proceso y progreso de este presente trabajo para llegar a la finalización del mismo

*Joel Mora Correa*



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS**

DECANO

f. \_\_\_\_\_

**ZAMORA CEDEÑO, NÉSTOR ARMANDO**

COORDINADOR DE ÀREA

f. \_\_\_\_\_

**CÓRDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO**

OPONENTE



## Índice General

Índice de Figuras .....	XII
Índice de Tablas .....	XV
Resumen .....	XVI
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
1.1. Introducción.....	18
1.2. Antecedentes. ....	19
1.3. Definición del Problema.....	20
1.4. Justificación del Problema.....	20
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	21
1.5.1. Objetivo General. ....	21
1.5.2. Objetivos Específicos.....	21
1.6. Hipótesis. ....	22
1.7. Metodología de Investigación.....	22
<b>CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>	<b>23</b>
2.1. Aeronaves no tripuladas.....	23
2.2. Breve historia de los UAV.....	24
2.3. Aplicaciones de drone .....	24
2.4. Drone racer .....	26
2.4.1. Modelos de carreras .....	26
2.4.1.1. Cuadricóptero.....	27
2.4.1.2. Ala fija.....	27
2.5. Transmisión.....	28
2.5.1. Modo de vuelo.....	28
2.5.2. Radio Control .....	28
2.5.2.1. Movimiento del control .....	29
2.5.2.2. Canales .....	30
2.5.3. Receptor.....	30
2.5.4. Vista en Primera persona .....	30
2.5.4.1. Sistema de transmisor y receptor de video .....	31

2.5.4.2.	Cámara FPV.....	32
2.5.5.	Antena .....	32
2.5.5.1.	Tipo de conectores.....	34
2.6.	Aerodinámico .....	34
2.6.1.	Tamaño .....	35
2.6.2.	Hélices.....	36
2.6.2.1.	Materiales de hélices .....	36
2.6.2.2.	Características de hélices.....	37
2.6.2.3.	Formas de hélices.....	38
2.6.3.	Estructura del dron.....	39
2.6.3.1.	Materiales del frame.....	39
2.6.3.2.	Formas para el frame del dron .....	40
2.6.4.	Motores .....	42
2.6.4.1.	Tipos de motores .....	42
2.6.4.2.	Parámetros de un motor .....	43
2.7.	Controladores.....	43
2.7.1.	Controlador de vuelo.....	43
2.7.2.	Controlador de velocidad .....	44
2.7.3.	Placa de distribución de potencia .....	45
2.8.	Sensor de un dron .....	46
2.9.	Alimentación.....	47
2.9.1.	Batería polímero.....	47
2.9.2.	Características de la batería de LiPo .....	48
2.9.3.	Diferencias en baterías de LI-ion y Lipo .....	51
2.9.4.	Conectores para una batería LiPo.....	52
2.10.	Comunicaciones inalámbricas .....	54
2.10.1.	Radiocomunicación.....	55
2.10.2.	Sistemas de comunicación .....	55
2.10.3.	Redes inalámbricas con tecnología WiFi .....	55
2.11.	Protocolos de comunicación R/C: PPM, PCM, PWM, GFSK.....	56

2.11.1.	Modulación de la posición del pulso .....	56
2.11.2.	Modulación por impulsos codificados.....	56
2.11.3.	Modulación de ancho de pulso .....	56
2.11.4.	Modulación por desplazamiento de frecuencia Gaussiana .....	56
<b>CAPÍTULO 3: SIMULACION E IMPLEMENTACIÓN.....</b>		<b>57</b>
3.1.	Principio de funcionamiento .....	57
3.2.	Hardware .....	57
3.2.1.	Frame Martin II.....	58
3.2.2.	Motor DLFPV.....	58
3.2.3.	Variadores de velocidad o ESC Kiss.....	59
3.2.4.	Controladora de vuelo Kiss FC.....	60
3.2.5.	Radio control Flysky Fs-i6.....	61
3.2.6.	Módulo de transmisión video analógico Wolf whoop Q3 5.8 GHz..	62
3.2.7.	Batería LiPo 4S .....	63
3.2.8.	Cámara para FPV Runcam OWL II .....	64
3.2.9.	Construcción de prototipo volador para carreras .....	65
3.3.	Configuración de prototipo Drone Racer con Kiss GUI.....	71
<b>CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>75</b>
4.1.	Conclusiones.....	75
4.2.	Recomendaciones.....	75
Bibliografía.....		77

## Índice de Figuras

### Capítulo 2

Figura 2. 1: Ejemplo de UAV usado por los militares.....	23
Figura 2. 2: Firebee, el primer UAV.....	24
Figura 2. 3: Drone de Amazon antes de llevar su primera entrega. ....	25
Figura 2. 4: Drone EHANG 184, capaz de llevar una persona.....	25
Figura 2. 5: Drone fumigador rociando fertilizantes a cultivos. ....	25
Figura 2. 6: Simulación de levantamiento topográfico con un drone.....	26
Figura 2. 7 :Drone cuadricóptero de carrera.....	27
Figura 2. 8: Ala fija, modelo Parrot Disco FPV.....	27
Figura 2. 9: Radio control Spektrum DX6i.....	29
Figura 2. 10: Ejemplo de gafas FPV. ....	31
Figura 2. 11: Ejemplo de un transmisor de video. ....	31
Figura 2. 12: Las cámaras suelen ubicarse como se muestra en la imagen.32	
Figura 2. 13: Antena de polarización lineal, colocado en las gafas FPV. ....	33
Figura 2. 14: Antena Pagoda diseñado por Maarten Baert.....	33
Figura 2. 15: Antena Cloverleaf con polarización circular. ....	34
Figura 2. 16: Drone de escala muy pequeña capaz de aterrizar en una mano. .....	35
Figura 2. 17: Drone de clase pequeño con cámara para filmar. ....	35
Figura 2. 18: El drone EHANG 184 se considera clase media.....	36
Figura 2. 19: Los UAV son de escala grande.....	36
Figura 2. 20: Ejemplo de diferentes materiales puede ser hecho para una hélice. ....	37
Figura 2. 21: Hélices de 2 palas, 3 palas y 4 palas. ....	38
Figura 2. 22: Hélices de tripala acabado en punta, bullnose e híbrida. ....	39
Figura 2. 23: Estructura de un drone tricóptero.....	40
Figura 2. 24: Estructura de un drone cuadricóptero.....	41
Figura 2. 25: Estructura de un hexacóptero.....	41
Figura 2. 26: Ilustración de una estructura octacóptero.....	41
Figura 2. 27: Ejemplo de un motor sin escobillas. ....	42
Figura 2. 28: Ejemplo de un motor con escobillas. ....	42

Figura 2. 29: Ejemplo de un controlador de vuelo, apto para un drone racer. .....	44
Figura 2. 30: Controlador electrónico de velocidad. ....	45
Figura 2. 31: Estructura de una placa de distribución de potencia. ....	46
Figura 2. 32: Ejemplo de un sensor GPS.....	46
Figura 2. 33: Sensor acelerómetro. ....	46
Figura 2. 34: Sensor Altímetro. ....	47
Figura 2. 35: Orientación del sensor giroscopio y su polaridad de rotación..	47
Figura 2. 36: Batería de LiPo con sus características señaladas. ....	49
Figura 2. 37: Tres Celdas de 3.7V.....	49
Figura 2. 38: Conector Traxxas. ....	52
Figura 2. 39: Conectores deans.....	53
Figura 2. 40: Conector tamiya macho y hembra. ....	53
Figura 2. 41: Conjunto de varios tamaños de conectores Anderson power poles. ....	54
<b>Capítulo 3</b>	
Figura 3. 1: Frame Martian II .....	58
Figura 3. 2: Motor brushless para fpv rc drone racer. ....	59
Figura 3. 3: Fotografía de ESC KISS .....	60
Figura 3. 4: Tipo de conexión del controlador de vuelo Kiss FC con distintos dispositivos. ....	61
Figura 3. 5: Radio control Flysky FS-i6.....	62
Figura 3. 6: Receptor Flysky A8S. ....	62
Figura 3. 7: Módulo Wolf whoop Q3.....	63
Figura 3. 8: Batería LiPo 4S .....	64
Figura 3. 9: Cámara Runcam OWL II.....	64
Figura 3. 10: Estructura del Frame para Drone racer .....	65
Figura 3. 11: Ensamblaje de base e instalación de PDB.....	66
Figura 3. 12: Montaje de motores y ESC .....	66
Figura 3. 13: Montaje de controladora de vuelo Kiss FC.....	67
Figura 3. 14: Montaje de módulo de transmisión de video.....	67
Figura 3. 15: Montaje receptor de control RC Flysky FS-i6. ....	68
Figura 3. 16: Montaje de Cámara Runcam Owl II.....	68

Figura 3. 17: Lóbulo de radiación de antena cloverleaf.....	68
Figura 3. 18: Lóbulos de antena Cloverleaf. ....	69
Figura 3. 19: Lóbulos de antena Cloverleaf. ....	70
Figura 3. 20: Antena Cloverleaf final. ....	70
Figura 3. 21: Gafas FPV EACHINE EV100 5.8G.....	71
Figura 3. 22: Interfaz principal de Kiss GUI .....	72
Figura 3. 23: Primera sección de configuración de dron e .....	72
Figura 3. 24: Sección de configuración general y funciones auxiliares.....	73
Figura 3. 25: Sección de salida de datos. ....	73
Figura 3. 26: Simulación en tiempo real. ....	74

## Índice de Tablas

### Capítulo 2

Tabla 2. 1: Ventajas y desventajas de un batería LiPo.vs NiMH & NiCd..... 48

### Capítulo 3

Tabla 3. 1: Características de motores DLFPV..... 59

## **Resumen**

Este trabajo de titulación se trata sobre cómo armar un drone racer con la implementación de un sistema de transmisión de video en tiempo real, en la cual el capítulo 2: Fundamentación teórica, se describió los componentes necesarios y su respectiva compatibilidad con los drone racer; los aspectos principales de la electrónica, así como entender todos los procedimientos de la operación y el manejo con los drones. Esta implementación se elegirá el de la estructura cuadricóptero, por múltiples razones como por ejemplo es más fácil de manipular por ser ligero ya que contiene 4 motores. Adicionalmente en el capítulo 3: simulación e implementación se logró explicar el hardware utilizado para la transmisión en tiempo real que es el módulo Wolf whoop Q3 5.8 GHz. Se logró mostrar cómo fue calibrado los motores y ensamblado las piezas del drone. Finalizó este trabajo de titulación con recomendaciones y conclusiones del uso del drone racer para las futuras competencia de robot categoría aéreo.

**Palabras claves: COMUNICACIONES INALÁMBRICAS, CUADRICÓPTERO, ROBOT AÉREO, DRONE RACER, SISTEMAS DE TRANSMISIÓN, FPV, MÓDULO DE COMUNICACIÓN.**



## **Abstract**

This degree work is about how to build a drone racer with the implementation of a video transmission system in real time, in which Chapter 2: Theoretical foundation, described the necessary components and their respective compatibility with the drone racer; the main aspects of the electronics, as well as to understand all the procedures of the operation and the handling with the drones. This implementation will be chosen that of the quadcopters structure, for multiple reasons as for example it is easier to manipulate because it is light since it contains 4 motors. Additionally in chapter 3: simulation and implementation, it was possible to explain the hardware used for the transmission in real time, which is the Wolf whoop Q3 5.8 GHz module. It was shown how the motors were calibrated and the drone parts assembled. Finalized this work of titulación with recommendations and conclusions of the use of the drone racer for the future competitions of robot category air.

**Keywords: WIRELESS COMMUNICATIONS, CUADRICOPTER, AIR ROBOT, DRONE RACER, TRANSMISSION SYSTEMS, FPV, COMMUNICATION MODULE.**

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1. Introducción.

Actualmente, la tecnología de drones está en constante evolución, se puede estimar que éste equipo es avanzado en el campo de la robótica aéreo, ya que se puede controlar por radiofrecuencia sin necesidad del ser humano sino autónomamente mediante el sistema de posicionamiento global (*Global Positioning System, GPS*). En un principio su uso era exclusivo para ámbitos militares tanto para atacar como para excepcionar terrenos enemigos pero con el paso del tiempo sus usos han ido aumentando por los avances tecnológicos como para entrenamiento y competencias.

En el manejo del dron como ya se había mencionado por un lado el autónomo que incluye sensores y gps, para así llegar de un punto a otro; y por el otro, el radio control que puede incluir una cámara que permite poder maniobrarlo sin tener contacto visual directo e incluso ahora con el sistema de transmisión de video en tiempo real se tendrá la sensación de poder visualizar la trayectoria del dron.

Esta tecnología no solo se puede llevar a la diversión sino también para competencias de drones en la categoría de robot volador, cuyo objetivo es demostrar su calibración de los motores, las piezas que usó para armar el dron racer, las bandas de frecuencias que operan su transmisión de video. Adicionalmente, se puede utilizar unas gafas de realidad virtual teniendo la sensación de que estuviéramos encima de este aparato tecnológico, como si se estuviese operando el robot volador.

Los materiales que están compuestos son ligeros para reducir el peso y aumentar la maniobrabilidad. Esta resistencia del material compuesto permite que los drones no tripulados viajen a altitudes extremadamente altas. Existen dos tipos de drones el helicóptero y avión, el primer tipo puede mantenerse estático en el aire, mientras que el otro debe estar en constante movimiento.

## 1.2. Antecedentes.

Con el rápido desarrollo de unidades de computación, micro sistemas electromecánicos y varios tipos de sensores, el robot aéreo se alza en la última década. Una combinación de robótica y vehículo aéreo no tripulado (*unmanned aerial vehicle UAV*), que equipa una ágil plataforma (cuadrícóptero) con múltiples sensores (por ejemplo, cámara, controlador de vuelo, gps, etc). Una capacidad que conduce a una amplia gama de nuevos campos de aplicación que incluye entretenimiento, vigilancia, rescate y militar.

Sin embargo, los experimentos de robots aéreos también significan enormes riesgos y daños probables. A diferencia de los vehículos terrestres, cualquier falla en los experimentos de robots aéreos significa un accidente de decenas de metros de alto y kilogramos de peso. Esto representa que no es solo un alto costo experimental, sino también una amenaza para la seguridad de los extraños. (Zhu & Xu, 2017).

La eliminación de la neblina en la transmisión de video aéreo para los UAV es un trabajo muy complejo y los desafíos se atribuyen principalmente a la coherencia espacio temporal. Zhao, Ding, Liu, & Li, (2018) mejoran el enfoque previo del canal oscuro clásico con un proceso de llenado de regiones brillantes para aliviar la distorsión del color en el video recuperado, lo que mejora la consistencia espacial.

Los investigadores Mulgaonkar, Makineni, Guerrero-Bonilla, & Kumar, (2018) realizaron un pico cuadrícóptero, que pesa solo 25 gr. y mide 11 cm. desde una punta de la hélice hacia otra punta, y se centra en algoritmos complejos para evitar colisiones en tiempo real, adicionalmente añadieron una aplicación práctica en caso de estrellarse se recupere y genera mapas de entornos desconocidos.

En el trabajo Garrell de Garza-Elizondo, Villamizar, Herrero, & Sanfeliu, (2017) permite a los robots voladores autónomos acompañar a los humanos

en entornos urbanos de forma segura y manera cómoda, que incluye un interactivo esquema de navegación humano-robot capaz de predecir movimientos humanos e intenciones para acompañarlos de manera segura a su destino final.

Lo que antes se creía imposible, ahora es finalmente una realidad y muy accesible. Aprender a volar un dron de RC alrededor de la línea de visión es una habilidad clave, pero cambiar a los sistemas de vista en primera persona (*First Person View, FPV*), es increíble y abre un nuevo mundo de vuelo y potencial de diversión. Tener una transmisión de video desde el dron significa que tienes información fluyendo en ambos sentidos: desde tu radio control, y de vuelta a sus gafas o pantalla para el video.

### **1.3. Definición del Problema.**

Actualmente la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), concretamente la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo (FTED), carece de un equipo de robot volador con implementación de un sistema de transmisión de video en tiempo real, para eventos de robótica a nivel nacional e internacional.

Por esta razón surge la necesidad de diseñar e implementar un robot volador utilizando el módulo Wolf whoop para transmitir video en tiempo real. Las competencias son a menudo entre instituciones educativas que dejan a la final observaciones al buen grado de asimilación técnico-aprendizaje. Esto es un reto permanente inmerso de salud generacional.

### **1.4. Justificación del Problema.**

El presente trabajo de titulación, pretende aplicar nuestros conocimientos básicos de electrónica, sistemas de comunicación, comunicaciones inalámbrica que conlleva a implementar un robot volador con una configuración FPV cuyos elementos básicos de su sistema son la cámara, el transmisor, el receptor y el dispositivo de visualización, y así

poder participar con esta misma tecnología en diferentes futuras participaciones de robot volador.

El nuevo deporte de las carreras de drones se observa robots pequeños pero muy rápidos que vuelan alrededor de un circuito plagado de obstáculos. A diferencia de los deportes de motor con los que estamos familiarizados, el rumbo de una carrera de drones puede ser tridimensional, que salvan obstáculos procediendo hacerlos por debajo, encima, y a través de los mismos

En la actualidad, los robots aéreos se pueden encontrar para una amplia gama de aplicaciones, como el transporte y el entretenimiento. El robot aéreo que se implantará en este trabajo de titulación se puede añadir un módulo que permite acompañar a la persona a su lado con el fin de proporcionar guía o seguridad. Esto contrasta con otros métodos basados en seguir personas sin inferir la intención de las personas (Garrell et al., 2017). Adicionalmente, podría diseñar sensores que miden la proximidad, controladores que garanticen la seguridad y el movimiento para prevenir colisiones (Mulgaonkar et al., 2018).

## **1.5. Objetivos del Problema de Investigación.**

### **1.5.1. Objetivo General.**

Implementar un robot volador utilizando un sistema de transmisión de video en tiempo real a través del módulo de comunicación Wolf whoop Q3 5.8 GHz, para futuros torneos robótica categoría aérea.

### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Describir las partes constitutivas de este robot aéreo.
- Diseñar e implementar la estructura mecánica del robot volador.
- Diseñar la antena de la transmisión del sistema en tiempo real para el robot volador.

## **1.6. Hipótesis.**

La época actual donde la tecnología avanza a paso agigantado hace el descubrimiento de nuevas formas aplicables al dominio de la tecnología, al espacio, a la comunicación, creando y mejorando ciertos dispositivos electrónicos, como el caso del módulo de comunicación Wolf whoop Q3 5.8 GHz, donde nos permitirá visualizar a través de una cámara en tiempo real.

## **1.7. Metodología de Investigación.**

En este presente trabajo de titulación se ha determinado que se utilizará el tipo de investigación aplicada cuyo diseño es la cuasi-experimental que nos permitirá describir sobre las piezas utilizadas en la implementación. Además aplicaremos el método descriptivo, debido a que analizaremos las piezas que forman parte del robot volador previo a la implementación y configuración de la misma.

Para efectuar esta implementación, utilizaremos diferentes métodos, técnicas y procedimientos que posibiliten cumplir con el postulado fundamental: probar la hipótesis. Haremos uso de prueba y comprobación del sistema operativo a fin de corregir sus defectos como aparato físico para su buen funcionamiento permanente.

## CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. Aeronaves no tripuladas

Las aeronaves no tripuladas llamados mundialmente como vehículos aéreos no tripulados, son robots voladores controlados ya sea por un piloto desde tierra o autónomo mediante su software que fue hecha para un vuelo pre-programado. Existen muchos tipos de drones, pero se dividen en dos categorías: los que usan los militares y los que utilizamos los ciudadanos.

El uso de los robot voladores está creciendo y más aún los de tipo cuadricóptero ya que pueden mantenerse en el aire y de forma autónoma sin necesidad de que alguien lo esté monitoreando o volando con su radio control. Estos vehículos aéreos no tripulados también son llamados como vehículo de reconocimiento aéreo sin tripulación, nombrados así por los militares.



Figura 2. 1: Ejemplo de UAV usado por los militares.  
Fuente: (Silva, 2015).

El aumento en el uso de drones para aplicaciones civiles ha presentado a muchos países desafíos regulatorios. Estos desafíos incluyen la necesidad de garantizar que los drones se operen de manera segura, sin dañar la seguridad pública y nacional, y de una manera que proteja las áreas de importancia nacional, histórica o natural. En nuestro país, Ecuador por ahora no piden ninguna licencia, para poder manipular estos robots mientras que en algunos países han adoptado leyes temporales sobre el manejo, funcionamiento de los drones varias propuestas normativas se encuentran siendo considerando para poder manipularlos.

## 2.2. Breve historia de los UAV

Han estado en servicio desde los últimos 60 años. Los vehículos aéreos no tripulados modernos han venido de muy lejos desde los drones no tripulados utilizados por la fuerza aérea de los EE. UU, en la década de 1940. La Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA) organismo federal, programa financiado dedicado a patrocinar el desarrollo de UAV para fines militares.

En la década de 1960, los EE. UU. Comenzaron a desarrollar 'drones', que eran vehículos voladores no tripulados para espionaje y reconocimiento. En la guerra de Vietnam del año 1964 se utilizó la tecnología UAV. El primer fue el drone '*Firebee*'; era un jet propulsado por un motor fabricado por Ryan Aeronautical. (Leversedge, 2017). El objetivo principal del mundo de hoy es aumentar la resistencia en el aire, y esto solo podría hacerse con los conceptos de baterías intercambiables. Con la implementación de células solares en los UAV, podría recolectar y almacenar energía solar para ser utilizada en el vuelo, con el fin de aumentar el tiempo de uso.



Figura 2. 2: Firebee, el primer UAV.  
Fuente: (Leversedge, 2017).

## 2.3. Aplicaciones de drone

Existe muchas aplicaciones para los drones, tantos que cualquiera podría encontrar una buena opción para sus necesidades.

- Drone de entrega, están diseñados para transportar algún producto, que pesa unas pocas libras y que se transporta a una distancia determinada. Son desarrollados por Amazon, una forma de facilitar la entrega rápida de artículos.





Figura 2. 3: Drone de Amazon antes de llevar su primera entrega.  
Fuente: (García, 2016).

- Taxi drone, la idea de un taxi personal y autónomo es atractivo, especialmente si es capaz de volar por sí solo. Además de moverse rápidamente y ser totalmente eléctrico, el vehículo no requiere ningún personal que lo conduzca.



Figura 2. 4: Drone EHANG 184, capaz de llevar una persona.  
Fuente: (Moller & Rabin, 2017).

- Drone fumigador, como su nombre lo indica este robot aéreo reemplaza al personal que fumiga sustancias a los cultivos, ya que son diseñados para precisamente para aplicar fertilizantes, pesticidas, algunos modelos permiten llevar 10 litros en su tanque de almacenamiento.



Figura 2. 5: Drone fumigador rociando fertilizantes a cultivos.  
Fuente: (Núñez, Figueroa, & De Jesús, 2015).

- Levantamientos topográficos con drone, estos modelos tienden a la función de levantar zonas en 3D, mediciones, fotogrametría, esta técnica aérea es más rápida y eficaz que la tradicional técnica terrestre topográfica.

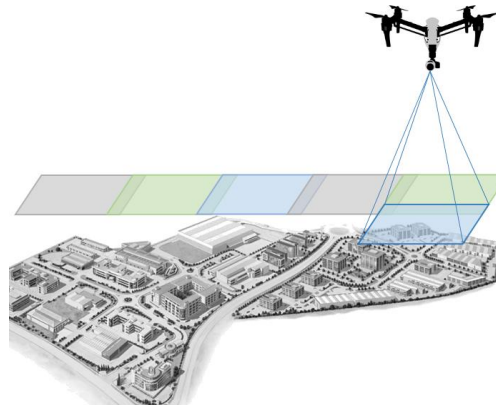


Figura 2. 6: Simulación de levantamiento topográfico con un drone.  
Fuente: (Claros, Guevara, & Pacas, 2016).

## 2.4. Drone racer

Es parte de un deporte de acción, la carrera de aviones no tripulados en primera persona te permite volar a velocidades de hasta 112 kph en lugares aparentemente imposibles. Imagina un videojuego en primera persona en el que estás corriendo por el aire y esquivando obstáculos. Perder incluso una décima de segundo puede costarle la carrera. Ahora imagina que no es un videojuego. Esta es la experiencia total de las carreras de drones en primera persona. En el futuro, las carreras de drones será más popular, y la tecnología está mejorando cada día. El FPV de alto rendimiento es único en la forma en que aporta la intensidad de los juegos al mundo físico, ya que ningún diferente deporte tiene una experiencia de realidad virtual dentro del mundo real.

### 2.4.1. Modelos de carreras

La mayoría de los modelos de carreras son cuadricópteros (cuatro hélices) y otra categoría que también es parte de los robots aéreos son los de ala fija que cuenta con un solo motor. Los modelos que tienen varios motores también se conocen comúnmente por su tamaño o clase y el número de hélices.

### 2.4.1.1. Cuadricóptero

Es una maquina voladora con cuatro motores controladas automáticamente o con radio control, son capaces de estar en un solo lugar y son ampliamente utilizado en la comunidad de UAV. Usan 4 juegos de hélices idénticas, cuyo movimiento son 2 en el sentido de las agujas del reloj y 2 en sentido anti-horario. Estos usan la variación de RPM para controlar la elevación el control del movimiento del vehículo se logra alterando la velocidad de rotación de uno o más discos de rotor. Debemos tener en cuenta que cuantos más pequeños sea el drone, más rápido puede ser y menos costosa será su reparación.



Figura 2. 7 :Drone cuadricóptero de carrera.  
Fuente: (HeliPal, 2014).

### 2.4.1.2. Ala fija

Es una rareza entre los drones de carrera, en lugar de utilizar un diseño de multi-rotor para facilitar el despegue y el aterrizaje vertical, tiene un único accesorio trasero y un diseño de ala fija, para decirlo simplemente tiene una forma a un avión. El resultado es una experiencia de vuelo único a los demás, pero también se necesita tener una buena cantidad de espacio abierto para aterrizajes seguros. Y para que pueda volar se necesita la ayuda de un empujón o lanzarlo al aire.



Figura 2. 8: Ala fija, modelo Parrot Disco FPV.  
Fuente: (Fisher, 2017).

## **2.5. Transmisión**

Para que podamos controlar el helicóptero desde un lugar que necesitamos tener transmisor y receptor. Normalmente se usa un transmisor de 6 canales y un receptor que es fijado al robot aéreo. Se usa para enviar señales de elevador y acelerador. Son usados en las competencias de drone racer y se opera en el rango de frecuencia de 2.4GHz.

### **2.5.1. Modo de vuelo**

Cada control remoto de drone posee varios tipos de vuelo, que nos facilitan a la hora de manipular, debemos tener en cuenta cuales son estos modos antes de poner el robot en el aire, estos se ajustan generalmente con los botones en su control remoto.

- Modo normal, en esta manera el drone prácticamente está en estabilización pero no al 100 % ya que el piloto lo manipula desde su control realizando sus movimientos que desea y mantiene en constante movimiento.
- Modo de espera, se debe retirar las manos del control remoto para que se dé esta función y el drone se mantenga automáticamente su ubicación y se dirigirá hacia donde vaya el piloto.
- Modo retorno, muchos drones permiten que vuelva de regreso al punto donde se encuentra ubicado el control remoto o el software que está instalado en su dispositivo móvil.
- Modo autónomo, esta función permite que se movilice el drone por sí solo, siempre y cuando se asigne la ruta predeterminada mediante su software que viene incluido.

### **2.5.2. Radio Control**

Este dispositivo de mano, permite maniobrar, controlar cada elemento del drone, y a su vez nos permite ajustar la configuración. Es fácil olvidarse de la seguridad y simplemente salir y volar a cualquier parte. Pero como comprender los parámetros de un vuelo seguro es tan crucial, incluso los profesionales enfatizarán su importancia. Como regla general, los modelos

controlados por radio se manipulan completamente en modo manual a través de la radio. El operador en el suelo observa la orientación de los modelos y el carácter de su vuelo. Con la ayuda de un joystick manual conectado a un transmisor de radio.



Figura 2. 9: Radio control Spektrum DX6i.  
Fuente:(Garijo, López, & Pérez, 2014).

#### 2.5.2.1. Movimiento del control

Al aprender a volar un dron, los controles se convertirán en tu guía. Con cualquiera de estos controles, cuanto más duro empujes la palanca, más fuerte será tu robot aéreo se moverá en cualquier dirección. Cuando comiences por primera vez, empuja las palancas muy suavemente para realizar movimientos ligeros. A medida que se sienta cómodo, podrá realizar movimientos más nítidos. Hay cuatro controles principales en las cuales son:

- Deslizar (*roll*), se lo realiza al mover la palanca derecha hacia el lado izquierdo para mover el dron hacia la izquierda o viceversa.
- Cabeceo (*pitch*), se lo realiza al empujar la palanca derecha para que el dron vaya hacia adelante o halando la palanca para que el robot aéreo se mueva hacia atrás, el dron se inclinará.
- Derrape (*yaw*), se lo realiza al mover la palanca izquierda hacia el lado izquierdo o derecho para que las hélices del robot volador giren en el sentido de las agujas del reloj, mientras que las delanteras y traseras giran en sentido contrario a las agujas del reloj.

- Acelerador (*throttle*), se lo realiza al empujar la palanca izquierda para que los motores tengan la misma velocidad y para desacelerar se hala la palanca izquierda.

### **2.5.2.2. Canales**

El número de canales establece cuántas operaciones individuales se pueden controlar en el drone, como ya hemos mencionado antes cada movimiento del control dependerá de cada canal por lo tanto para controlar un robot volador se necesita mínimo un radio control de 4 canales. Los canales adicionales en forma de interruptores de un transmisor se denominan canales auxiliares, se lo utiliza comúnmente para cambiar los modos de vuelo.

### **2.5.3. Receptor**

El receptor es la antena del drone que se intercomunica con el control remoto. Cuando haces algún movimiento en el transmisor, el receptor lo que entiende y lo envía al resto del sistema del drone como por ejemplo al motor, cada entrada del receptor se pueden colocar los servos. Usualmente ejecuta lo contrario que realiza un transmisor ya que esta modula la señal mientras que el receptor desmodula la señal.

### **2.5.4. Vista en Primera persona**

También llamado punto delante de vista, básicamente cuando se pone una cámara en un drone a control remoto y el piloto o el conductor de ese vehículo utilizando una estación terrestre o un conjunto de gafa, en la cual se podría utilizar para entretenimiento y/o afición a salir a explorar nuevos horizontes y echar un vistazo a diferente ángulos y diferentes vistas de la zonas y lugares e incluso se podría capturar algo para fotografía aérea,

El controlador del robot aéreo puede volar y sentir la experiencia única y casi surrealista utilizando las cámaras de a bordo que actúan como sus ojos. La cámara es típicamente un foco estrecho, la cámara frontal que le da

al piloto la capacidad de manipular la nave como si estuviera a bordo y detrás de los controles. Esta tecnología se popularizó en el año 2008.



Figura 2. 10: Ejemplo de gafas FPV.  
Fuente: (Crespo, 2014).

#### 2.5.4.1. Sistema de transmisor y receptor de video

El transmisor de video, forma la mitad de su enlace descendente de video a tierra, En todos los drones de carrera tienen su sistema de video en la cual transmite imágenes capturadas por la cámara y usualmente en la frecuencia que operan a través del aire es de 5,8 GHz, un sistema de buena calidad puede ofrecer 450 metros de alcance, hasta 1km con antenas de alta ganancia y un sistema de configuración muy bueno y un entorno de RF favorable.



Figura 2. 11: Ejemplo de un transmisor de video.  
Fuente: (Aiju, 2017).

El receptor de video, se encarga de recibir su foto de video y la envía a la pantalla visual que usted elija para que la vea ya sea por gafas o un monitor, se debe tomar en cuenta que también se necesita alimentarla por ende se sugiere conectarla con una batería lipo y su voltaje dependerá del que trabaje el receptor de video. Un receptor de alta calidad y alta

sensibilidad es relativamente barato y este es un elemento que puede permanecer en su sistema FPV.

#### 2.5.4.2. Cámara FPV

La cámara es parte fundamental para el sistema FPV junto con el transmisor y receptor de video, se debe tomar en cuenta la calidad de la imagen de la cámara ya que si es muy baja puede arruinar la experiencia del vuelo, estas se alimentan con 5v o 12v y existen dos 2 tipos las que son similares a una gopro o unas que son simplificadas ya que la primera son pesadas y demasiado grande para poner en un dron de competencia, de tal manera nos enfocaremos en describir las cámaras reducidas.

Una de las características principal que se debe tomar en cuenta es el tipo de sensor que tiene porque suelen ser dispositivo de carga acoplada (*Charge Coupled Device, CCD*) y Semiconductor de Óxido Metálico Complementario (*Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS*), la diferencia que tiene es que las CCD son económicas y produce imágenes muy buenas pero necesita más poder mientras que las CMOS son costosas por lo que no consume mucha batería, no tolera el cambio de luz.

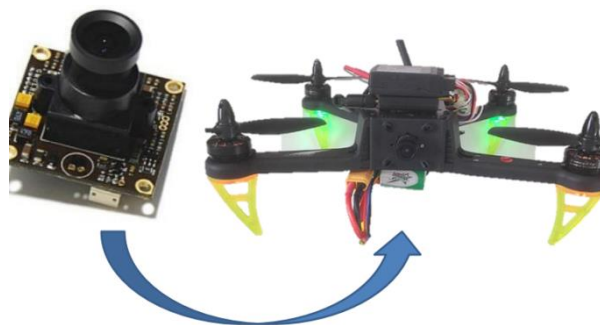


Figura 2. 12: Las cámaras suelen ubicarse como se muestra en la imagen.  
Fuente: (Aiju, 2017).

#### 2.5.5. Antena

Generalmente se envía como una señal analógica, cualquier interferencia es inmediatamente obvia. RC digital los controles, por otro lado, no necesitan preocuparse tanto por la interferencia. Es como la diferencia entre digital TV, y el viejo sistema analógico que ahora es un recuerdo distante para muchos de nosotros. Algunas antenas son muchas mejores



para rechazar ciertos tipos de interferencia, generalmente causados por la señal reflejándose en objetos sólidos

- Antena omnidireccional de polarización lineal, nos da la ventaja de tener una cobertura azimut de  $360^{\circ}$  con un rendimiento inalámbrico alto pero la desventaja de tener poco alcance, mayormente se encuentra incrustado para tener conectividad a la cámara del drone.



Figura 2. 13: Antena de polarización lineal, colocado en las gafas FPV.  
Fuente: (Crespo, 2014).

- Antena omnidireccional de polarización circular, Maarten Baert, quien ha diseñado este tipo de antena nombrada pagoda, usualmente son las que llevan en las FPV incrustadas pero con la desventaja que abarca poca distancia de cobertura, están hechos en placas de circuito impreso en sus discos o rueda plana, gracias a su diseño posee un excelente patrón de radiación y relación axial, algunos fabricantes suele cubrir los discos con un protector de silicona pero el diseño original posee 3 discos en las cuales están soldados a una distancia específica.



Figura 2. 14: Antena Pagoda diseñado por Maarten Baert.  
Fuente: (Baert, 2016).

- Cloverleaf, es una antena de circuito cerrado, lo que significa que la señal y los cables de tierra están conectados. La medición entre la señal y la tierra con un multímetro leería un cortocircuito. Tiene forma de hoja de trébol y posee 3 lóbulos a  $120^\circ$  de separación entre sí en el plano horizontal y en ángulo de  $45^\circ$  en el plano vertical.



Figura 2. 15: Antena Cloverleaf con polarización circular.  
Fuente: (Matienzo & Olmedilla, 2016)

#### **2.5.5.1. Tipo de conectores**

Actualmente hay muchos conectores para acoplar las antenas al dron, siempre debemos tener en cuenta que al momento de adquirir los conectores se adhieren correctamente a las antenas, se debe prestar atención al flujo de corriente que soporta el tipo de conector.

### **2.6. Aerodinámico**

Es un hecho bien conocido que un avión en vuelo recto y nivelado está sujeto a cuatro fuerzas básicas que lo hacen mantener su equilibrio inicialmente está el peso, originado por la atracción entre la masa del avión y el suelo, y debe ser igual a la sustentación para mantener el equilibrio en el eje vertical. Luego, está el empuje producido por el motor o motores que en este caso es igual a arrastre o la resistencia al avance, generado por la interacción entre el aire y el vehículo en movimiento.

Para este fin, es necesario comprender completamente cada una de estas fuerzas. Aunque el empuje puede ser generado por medios que son característicamente aerodinámicos no se considera una fuerza aerodinámica que pertenece a la geometría de la aeronave.

### 2.6.1. Tamaño

No hay un estándar único en lo que respecta a la clasificación de los UAV. Las agencias de defensa tienen sus propios estándares, y los civiles tienen sus categorías sueltas en constante evolución. Las personas los clasifican por tamaño, rango y resistencia, y usan un sistema de niveles.

- La clase muy pequeña varían desde el tamaño de un insecto grande desde 30 a 50 cm de largo con alas giratorias. Son muy livianos por su micro diseño. Muchos de estos caben en una mano.



Figura 2. 16: Drone de escala muy pequeña capaz de aterrizar en una mano.  
Fuente: (Mulgaonkar et al., 2018).

- La clase pequeño tienen al menos una dimensión superior a 50 cm y no más de 2 metros. Muchos de los diseños en esta categoría se basan en el modelo de cuadricóptero, la mayoría tiene al menos 3 motores o más y una hélice en cada motor.



Figura 2. 17: Drone de clase pequeño con cámara para filmar.  
Fuente: (McGriffy, 2017).

- La clase media son demasiado pesados para ser transportados por una persona pero que son aún más pequeños que una aeronave ligera. generalmente, tienen una extensión de aproximadamente 2 a 5 metros pueden transportar cargas de 100 a 200 kg e incluso poder transportar una persona.



Figura 2. 18: El drone EHANG 184 se considera clase media.  
Fuente: (Nakashima, 2016).

- Los grandes utilizados principalmente para operaciones de combate por los militares. Ejemplos los depredadores que llegan alcanzar un radio de trabajo de 300 km. Pueden operar altitudes de 9 Km.



Figura 2. 19: Los UAV son de escala grande.  
Fuente: (Zhang, 2016).

## 2.6.2. Hélices

Desde los primeros intentos de vuelo para conducir aviones se han utilizado las hélices. Puede que estén hechos por los materiales de madera laminada, varios tipos de plásticos y fibras compuestas o con alto contenido de carbono, las técnicas de fabricación no han evolucionado desde los primeros días de vuelo tripulado.

### 2.6.2.1. Materiales de hélices

- Madera, ofrece llegar velocidades muy altas pero sin embargo en los drone racer no se encontrará debido que no soportan ligeros golpes ya que tienden a romperse con facilidad.
- Fibra de vidrio, usualmente son las que vienen en los drone comerciales por ser duradera y resistente, pero la gran desventaja es girar a una velocidad reducida por ser un poco pesada.

- Fibra de carbono, comúnmente suelen ser caras por ser ligeras y soportar golpes que son más rígidas. Se lo pueden encontrar en diferentes tamaños en este material y suelen utilizarse en los drone.
- Nylon, comparado con los demás materiales es la más eficaz en ser duradera por tener la ventaja de ser flexible y suele usarse en los drone racer.



Figura 2. 20: Ejemplo de diferentes materiales puede ser hecho para una hélice.  
Fuente: (Benito, 2015).

### 2.6.2.2. Características de hélices

Lo que está claramente demostrado es que hay poca diferencia entre los utilizados en los primeros días de potencia de vuelo y aquellos ahora para los drone racer. Estas hélices modernas pueden ser impermeables y de varios colores, sin embargo, son prácticamente idénticos en diseño. A continuación se mostrara las características que tiene las hélices del drone racer y se describirá según su propósito.

- Peso: cuanto más ligero, mejor, especialmente en el borde delantero de la hélice.
- Tamaño: Mientras más pequeño será la hélice tendrá una buena resonancia. Si es grande serviría para una mejor relación de potencia.
- Triblade: aumenta el área de superficie para obtener más potencia
- Flexibilidad: los puntales flexibles reducen el paso a altas RPM.

### 2.6.2.3. Formas de helices

Las formas de las hélices varían, todo depende del manejo que les brinden por ejemplo en los motores que se le aplican pocas revoluciones, las hélices que se utilizarían serán anchas, por ende el empuje será más eficaz. Puesto a que los bajos giros de velocidades se beneficia mejor la corriente de aire ampliando el ancho de la hélice. Cabe recalcar que mientras el motor gire más rápido, la hélice que deberá ir debe ser fina para sacar provecho el aire manipulado.

El números de palas de las hélices pueden variar ya sea de 2 palas, 3 palas y 4 palas, debido por cada pala permite realizar un impulso mayor, se debe tomar en cuenta que también aumentara el peso por ende se requiere un motor con un torque mayor.

El tamaño y el grado de inclinación de la hélice aparece en los números que vienen marcados en la parte inferior la que nos indicará los dos primeros dígitos el diámetro cuando gira y el que sigue el grado de inclinación en el último dígito se refiere a los números de palas que tiene la hélice.

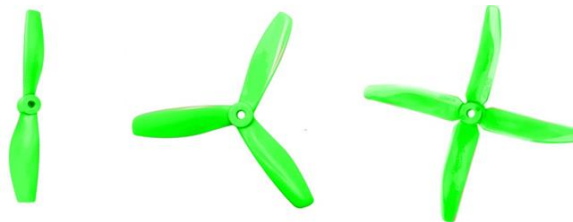


Figura 2. 21: Hélices de 2 palas, 3 palas y 4 palas.  
Elaborado por: Autor.

El acabado de las puntas de las hélices se pueden diferenciar por su aspecto y son clave para su funcionamiento estas suelen ser:

- Hélice acabado en punta, se caracteriza por ofrecer un mayor tiempo de vuelo, son más eficientes a relación a las demás y se equilibra con su relación de consumo y empuje.

- Hélice bullnose, se puede diferenciar por tener un acabado recto como si estuvieran las puntas cortadas con su gran ventaja de ser potente ya que es eficaz al empuje pero su desventaja es que consumirá más energía.
- Hélice híbrida, como su nombre lo indica su acabado en punta tiene forma de las anteriores mencionadas y sus características es la mezcla de ambos.



Figura 2. 22: Hélices de tripala acabado en punta, bullnose e híbrida.  
Elaborado por: Autor.

### 2.6.3. Estructura del dron

Es uno de los tres pilares clave de enfoque para el robot volador. Entonces, la pregunta, ¿qué es una estructura (*frame*) de drones? ¿De qué está hecho el frame de un robot aéreo? Es como un esqueleto del cuerpo. Define la estructura central y el centro de forma del dron del que se unen otras partes.

#### 2.6.3.1. Materiales del frame

A continuación describiremos los diversos materiales que se utilizan para fabricar los marcos: Madera, espuma, plástico, aluminio, fibra de vidrio y fibra de carbono.

- Fibra de vidrio, similar en aspecto y tacto a la fibra de carbono pero es más barato. Es preferible a la fibra de carbono.
- Fibra de carbón, es un material muy fuerte con un peso muy ligero. Simplemente tiene un problema de interferir con las señales utilizadas para controlar el dron, por lo que debe usarse con cuidado.

- Madera, es el material más común y fácil de usar porque es rígida y relativamente barata.
- El plástico tampoco se usa generalmente para todo el encuadre. Al igual que la espuma, se usa como capa externa, en el tren de aterrizaje y otras secciones expuestas.
- Aluminio, es muy duradero y, a veces flexible. A menudo se usa para armas de drones.

### 2.6.3.2. Formas para el frame del drone

Las estructuras vienen en diferentes formas, tamaños y diseños dependiendo de la función y los requisitos estéticos del constructor o del proveedor. Las formas vienen basadas en números comunes que son 3, 4, 6 y raramente 8, adicionalmente toman formas de letras en su mayoría configuraciones X e Y. Existe una variación del hexacóptero y el doble de tricóptero en uno, tiene tres brazos, pero cada brazo tiene el doble de las hélices, una debajo y otra arriba.

- Estructura de 3 brazos, conocido como Tricóptero, este marco normalmente albergan tres hélices. Estos están configurados para equilibrar técnicamente el proceso de elevación y rotación durante el vuelo y en vuelo estacionario.



Figura 2. 23: Estructura de un drone tricóptero.  
Fuente: (Sarche, 2012).

- Estructura de 4 brazos, conocido como cuadricóptero, actualmente son los más utilizados en los drone racer gracias por sus cuatro lados están completamente equilibrado para un control más fácil y



técnicamente su proceso de vuelo, elevación y rotación son muy eficaz para las competencias.



Figura 2. 24: Estructura de un dron cuadricóptero.  
Fuente: (Cortés, 2016).

- Estructura de 6 brazos, conocido como hexacóptero alberga seis hélices. Las hélices adicionales proporcionan más potencia de elevación que luego se utiliza para aumentar su carga en el dron y pueda transportar cualquier objeto.



Figura 2. 25: Estructura de un hexacóptero.  
Fuente:(Abdus, Anwarul, Muhamunad, & Faisal, 2015).

- Estructura de 8 brazos, conocido como octacóptero, albergan ocho hélices. Requiere más energía de la batería para funcionar con muchos motores. Se agrega potencia de elevación también ayuda a llevar la carga de batería adicional. Son más caros y pueden transportar una carga más pesada, como equipos de alta gama o cargas en líquidos para fumigar a los sembríos de la agronomía.



Figura 2. 26: Ilustración de una estructura octacóptero.  
Fuente: (Grima & Fagertrom, 2014).

## 2.6.4. Motores

Los motores hacen girar las hélices para proporcionar al dron elevación y empuje. Los drone racer utilizan casi exclusivamente motores corriente directa (*direct current, DC*) sin escobillas (*brushless*) proporcionan relaciones de empuje-peso superiores a los motores DC con escobilla (*Brush*). Sin embargo la desventaja es que requieren controladores de velocidad más complejos.

### 2.6.4.1. Tipos de motores

Motores sin escobillas (*brushless*), es más eficiente, más confiable y más silencioso que un motor con escobillas. El diseño del motor es importante porque es más eficiente ya que estos motores ahorran batería y le dan al manipulador más tiempo de vuelo, que es lo que cada piloto quiere.



Figura 2. 27: Ejemplo de un motor sin escobillas.  
Fuente: (Pérez & Corres, 2015).

Motores con escobillas (*brushed*), probablemente son el tipo de motor más común que existen, se pueden encontrar en todo lado, frotan en un anillo de cobre segmentado para que la corriente a través de las bobinas de la armadura se alterne giros de motor.



Figura 2. 28: Ejemplo de un motor con escobillas.  
Fuente: (Matienzo & Olmedilla, 2016).

#### **2.6.4.2. Parámetros de un motor**

Hay que tener en cuenta el diseño de cada motor y el empuje, cambia dependiendo de la alimentación que brinda el voltaje de la batería y las hélices que utiliza. Debemos saber que hay varios parámetros que tiene un motor, a continuación describiremos los más importantes:

- Vueltas por cada voltio, prácticamente nos quiere decir que es el parámetros de Kilovoltios, que significa el número de revoluciones por minuto a las que es capaz de girar el motor por cada Voltio de electricidad que se le aplica (Bueno, 2013).
- Tamaño, usualmente suelen estar 4 dígitos alado de KV, que nos quiere decir los primeros dos dígitos es el diámetro de las bobina y los 2 restantes es la altura del motor en mediciones milimétricas.
- Empuje, se encuentra habitualmente en los datos técnicos, suele venir en gramos y con esa referencia se puede analizar si logra levantar el motor al drone que se utilizará.
- Corriente, es el dato que nos da a conocer el límite que puede tener el motor al acelerar al máximo, ejemplo si se tiene un motor que consume un límite de 11 Amperaje se deberá ensamblar a un controlador electrónico de velocidad (*Electronica Speed Controller, ESC*), de 12 A.

### **2.7. Controladores**

#### **2.7.1. Controlador de vuelo**

Esto forma la placa base o el cerebro del drone, el controlador de vuelo, cumple la función de interpretar la entrada del receptor, GPS, módulo, monitor de batería y otros sensores a bordo, también regula las velocidades del motor, a través de ESC, proporciona dirección, a través de su serie de entradas y salidas. Algunos controladores tienen incorporada un sensor que informa la posición real, dependiendo del modelo otros pueden incluir un sensor como el giroscopio que informa la alineación en el espacio.

Estos controladores de vuelo llevan incluido una unidad de medición inercial, es un dispositivo electrónico que ofrece la medición y el reporte de la velocidad del drone, de igual manera los impulsos gravitacionales que ejercen sobre ella y su orientación, se debe tener en cuenta que si se desea adquirir un controlador de vuelo programable se necesitará uno de código abierto, ya que algunos operan son sistemas cerrados que viene por defecto del fabricante.

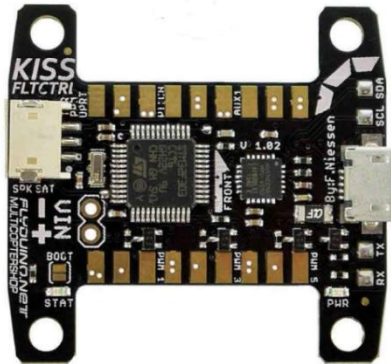


Figura 2. 29: Ejemplo de un controlador de vuelo, apto para un drone racer.  
Fuente: (Bake, 2016).

### 2.7.2. Controlador de velocidad

Cada motor necesita un controlador de velocidad electrónico, para enviar al motor de forma adecuada la velocidad en consecuencia, posiblemente se lo puedo usar para actuar como una dinámica de freno. Cada ESC tiene una calificación actual, que indica la máximo corriente que puede proporcionar el motor sin sobrecalentamiento. Se deben elegir las ESC apropiadas para garantizar que puedan proporcionar suficiente corriente para los motores.

Son un componente esencial para los drone racer moderno que ofrecen alta potencia, alta frecuencia, para alimentar al motor del drone se debe convertir el DC suministrado por la batería a CA trifásica para poder impulsar, generalmente se usan en modelos controlados por radio que funcionan con electricidad, a excepción de algunos drones comerciales que involucran componentes electrónicos y combinan los dos en una placa de circuito único.

La Característica de un control electrónico de velocidad, tendrá 3 juegos de cables. Un cable se conectará a la batería principal del drone, el segundo cable tendrá un servo alambre típico que se conecta al canal del acelerador del receptor, un tercio de cable se usa para alimentar el motor y por último el que posee los cables juntos se conectará a la controladora por el cual recibirá los datos para poder mover el motor. (Cortés, 2016).



Figura 2. 30: Controlador electrónico de velocidad.  
Fuente:(Cortés, 2016).

### 2.7.3. Placa de distribución de potencia

Hace exactamente lo que parece la placa de distribución de potencia (*power distribution board, PDB*); reparte energía a través del drone. Esto puede alimentar diferentes accesorios que puede estar conectado como cámaras o luces LED. Ayudan a distribuir la potencia que corre alrededor de su drone. Esto se usa para ayudar con una construcción limpia y ordenada para alimentar todos sus componentes. Se debe tener en cuenta que esta placa no identifica cuanta potencia debe entregar a cada motor por ende están los ESC, ellos se encargarán de suministrar cuanta energía deberá llegar a cada motor cuyas órdenes serán recibidas del radio control.

En unos de los puertos estarán incrustadas los extremos de la batería, y por medio de esta placa del circuito interno se conectará la salida de misma, De acuerdo con Juan Benito, (2015) Los fabricantes pueden elaborar diferentes placas que también incorporan un circuito que ofrece alimentación o transmisión de señales de un menor voltaje a la electrónica del drone, generalmente se adhiere un medio más de alimentación.

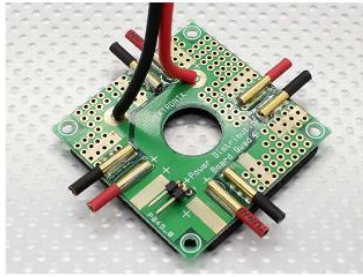


Figura 2. 31: Estructura de una placa de distribución de potencia.  
Fuente: (Benito, 2015).

## 2.8. Sensor de un drone

- Sensor GPS, proporciona al controlador datos sobre la localización geográfica del drone cuando esta fuera del rango de su visión, ofrece información tales como longitud, latitud y altitud.



Figura 2. 32: Ejemplo de un sensor GPS.  
Fuente: (Alvarez, 2014).

- Acelerómetro, mide la aceleración estática en el eje vertical queda, ejemplo la gravedad, y a su vez la aceleración dinámica en el eje horizontal en el plano XY, generalmente son usados para incrustarlos a un arduino.



Figura 2. 33: Sensor acelerómetro.  
Fuente: (González, 2017).

- Altimetro, este sensor nos facilita el registro de la altura de nuestro drone en el lapso del vuelo, hay algunos que también calcula variaciones de presión barométricas provocadas por diferentes altitudes del robot aéreo.



Figura 2. 34: Sensor Altimetro.  
Fuente: (Martí, 2017).

- Giroscopio, ofrece la medida del ángulo, cuando el drone está en el aire, usualmente se encuentra a la misma unidad que tiene el acelerómetro, por ende trabajará en conjunto. Mientras el acelerómetro mida la posición, el giroscopio permitirá dar el ángulo en el que encuentre.

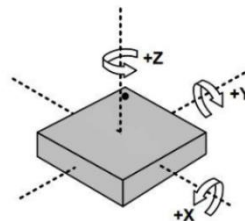


Figura 2. 35: Orientación del sensor giroscopio y su polaridad de rotación.  
Fuente: (Ochoa, 2016).

## 2.9. Alimentación

### 2.9.1. Batería polímero

Las baterías de polímero de litio (*Lithium Polymer, LiPo*), ofrecen la mejor combinación de densidad de energía, densidad de potencia y vida útil. La batería es necesaria para proporcionar energía a todo el sistema de potencia del drone racer. Son un tipo de batería más nueva que ahora se usa en muchos consumidores de dispositivos electrónicos.

Han ido ganando popularidad en la industria del control de radio en los últimos años, y ahora son de más elección popular para cualquiera que busque largos tiempos de ejecución y alta potencia. Las baterías LiPo ofrecen tres ventajas principales y a su vez tienen sus desventajas sobre las baterías comunes de hidruro de níquel (*Nickel Hydride, NiMH*), o níquel cadmio (*Nickel Cadmium, NiCd*):

Tabla 2. 1: Ventajas y desventajas de un batería LiPo.vs NiMH & NiCd.

Ventaja	Desventaja
Las baterías LiPo son mucho más ligeras y se pueden fabricar en casi cualquier tamaño	Las baterías LiPo tienen una vida útil más corta que las baterías NiMH / NiCd. Promedian solo de 300 a 400 ciclos si se tratan adecuadamente.
Las baterías LiPo ofrecen capacidades mucho más altas, lo que les permite tener mucha más potencia.	Pueden provocar un incendio en caso de pincharse la batería.
Las baterías LiPo ofrecen tasas de descarga mucho más altas	Necesita atención especializada en la forma en que se les carga, descarga y almacena.

Elaborado por: Autor.

### 2.9.2. Características de la batería de LiPo

La forma en que definimos cualquier batería es a través de un sistema de clasificación. Esto nos permite comparar las propiedades de una batería y ayudarnos determinar qué paquete de baterías es adecuado para la necesidad en cuestión. Hay tres clasificaciones principales a tener en cuenta en una batería LiPo.





Figura 2. 36: Batería de LiPo con sus características señaladas.  
Fuente: (Schneider, 2017).

(A) Voltaje, una celda LiPo tiene un voltaje estándar de 3.7V. Para la batería de 7.4V anterior, eso significa que hay dos celdas en serie. A veces, esta es la razón por la que escuchará a la gente hablar sobre un paquete de baterías "2S": significa que hay 2 celdas en series. Entonces un paquete de dos celdas (2S) es 7.4V, un paquete de tres celdas (3S) es 11.1V, y así sucesivamente.

El voltaje de un paquete de baterías esencialmente determinará qué tan rápido va a funcionar su vehículo. El voltaje influye directamente en las RPM del motor eléctrico. Entonces, si tiene un motor sin escobillas con calificación de 3.500kV, ese motor girará 3.500 RPM por cada voltio que le aplique. En una batería LiPo 2S, ese motor girará alrededor de 25,900 RPM. En un 3S, girará la friolera de 38,850 RPM. Entonces, cuanto más voltaje tengas, más rápido irá.



Figura 2. 37: Tres Celdas de 3.7V.  
Fuente: (Peña, 2017).

(B) La capacidad, básicamente una medida de la cantidad de energía que puede contener la batería. La unidad de medida aquí es miliamperios hora (mAh). Esto indica cuánto drenaje se puede poner en la batería para

descargarla en una hora. Dado que generalmente discutimos el drenaje de un sistema de motor en amperios (A), aquí está la conversión: 1000mAh = 1 Amp (1A).

La capacidad de la batería de la figura 2.36 es de 5000 mAh. Esto significa que una carga de 5000 mAh (o 5 A) drenaría la batería por completo en una hora. También usamos esta información para cargar, porque también funciona de manera opuesta. Si cargamos la batería anterior a 5 Amperios, estará completamente cargado en aproximadamente una hora.

La física es un poco voluble, y se pierde energía en el camino, por lo que no será una hora en punto, pero es un buen momento para el estadio. Dije que la capacidad de la batería es como el tanque de combustible, lo que significa que la capacidad determina cuánto tiempo puede funcionar antes de tener recargar.

Cuanto mayor sea el número, mayor será el tiempo de ejecución. Pero hay compañías que fabrican baterías con capacidades más grandes. Cuanto mayor sea la capacidad, mayor será el tamaño físico y peso de la batería. Otra consideración es la acumulación de calor en el motor y el control de la velocidad en un plazo tan largo. A menos que periódicamente comprobado, puede quemar fácilmente un motor si no se le da tiempo suficiente para que se enfríe, y la mayoría de las personas no se detienen durante una carrera para verificar sus temperaturas del motor. Tenga esto en cuenta cuando recoja una batería de gran capacidad.

(C) Velocidad de descarga, las dos últimas especificaciones tuvieron un impacto directo en ciertos aspectos, ya sea velocidad o tiempo de ejecución. La velocidad de descarga es un número que lo hace complicado y es porque no es una cantidad independiente; requiere que también sepas la capacidad de la batería para finalmente averiguar la cantidad de amperios seguro. Usando la batería de referencia de la figura 2.36, aquí está la forma en que

descubres el máximo consumo seguro de amperios:  $20C = 20 \times \text{Capacidad}$  (en amperios), que nos quiere decir es igual a  $20 \times 5 = 100A$ .

El número resultante es la carga máxima sostenida que puede cargar con seguridad en la batería. Ir más allá de eso dará como resultado la batería convirtiéndose, en el mejor de los casos, inutilizable. En el peor de los casos, podría estallar en llamas. Entonces la batería de la figura 2.36 puede manejar un máximo continuo de carga de 100A.

### 2.9.3. Diferencias en baterías de LI-ion y Lipo

Las baterías iones de litio (*Lithium Ions, Li-Ion*) y LiPo tienen esencialmente la misma composición química, ambas confiables en el intercambio de iones de litio entre el cátodo y el ánodo de carbón de litio, y se atiende en el mismo camino; las principales diferencias están en cómo se empaacan las células y el tipo de electrolito usado.

- Li-Ion, usan un líquido orgánico a base de solvente inflamable como el electrolito, estas tienden a ser rectangulares o cilíndricas suelen ser usados para baterías portátiles, generalmente están encerradas en un rollo de metal fuerte (como un batería convencional) para mantener los electrodos apretados. (Herrera & Rincon, 2012).
- LiPo, una verdadera batería no usa un electrolito líquido, sino que utiliza un polímero de electrolito seco hoja separadora que se asemeja a una fina película de plástico. Este separador está intercalado (en realidad laminado) entre el ánodo y el cátodo de la batería (placas de cobre y aluminio recubiertas de carbono y litio) lo que permite el intercambio de iones de litio, de ahí el nombre de polímero de litio. El problema con la verdadera construcción de células LiPo es el intercambio de iones de litio a través de la seca el polímero electrolítico es lento y, por lo tanto, reduce en gran medida las tasas de descarga y carga. Este problema puede superarse calentando la batería para permitir un intercambio más rápido de

iones de litio a través del polímero entre el ánodo y el cátodo, pero no es práctico para la mayoría de las aplicaciones. Si pudieran resolver este problema, el riesgo de seguridad de las baterías de litio se reduciría enormemente.

#### 2.9.4. Conectores para una batería LiPo

Las baterías LiPo tienen toda clase de energía esperando a ser desatada, y queremos que la mayor parte de esa potencia llegue al motor como sea posible. Los conectores malos aumentan resistencia y evita que todo ese poder se use de manera eficiente. Entonces, aunque no se trata superficialmente de baterías LiPo, describiremos de conectores un poco.

- Los conectores traxxas, de alta corriente han ido ganando popularidad en los últimos años. El atractivo principal de estos conectores es la facilidad de montaje. Los terminales están separados de la carcasa de plástico, lo que los hace más fáciles de soldar para los principiantes. No requieren termocontracción, porque la carcasa de plástico cubre completamente los terminales. Ellos están protegidos contra la polaridad, por lo que no se pueden enchufar al revés. Finalmente, tienen más área superficial de cualquiera de los conectores de alta corriente, y son probablemente los conectores más fáciles de deslizarse juntos y separados..

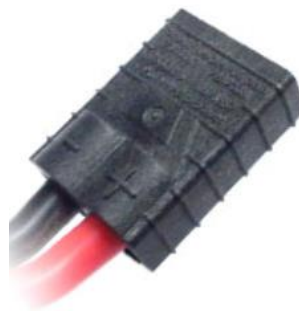


Figura 2. 38: Conector Traxxas.  
Fuente: (Schneider, 2017).

- Los deans, han estado aparentemente para siempre, y han sido la mejor opción para los entusiastas del radio control, exigentes desde hace bastante tiempo. Son algo difíciles de soldar, especialmente

para usuarios novatos. Como casi todos los conectores modernos, son de polaridad protegida, que suprime la probabilidad de una mala conexión de polaridad. Los conectores traxxas tiene la ventaja en la categoría de superficie del radio control, pero los conectores deans domina en el aire.



Figura 2. 39: Conectores deans.

Fuente: (Salt, 2017).

- Los tamiya, usados en los vehículos radio control, su gran ventaja es tener una mayor resistencia gracias a su diseño que logra que la potencia no llegue a ser invertida y para que se desconecte tiene un gancho para asegurar la conexión.



Figura 2. 40: Conector tamiya macho y hembra.

Fuente: (Salt, 2017).

- Anderson Power Poles, Actualmente son los más comunes por su conector estándar, que son el único enchufe en esta lista que une macho y hembra a la vez, lo que significa que el enchufe no es ni lo uno ni otro. Todos son iguales, por lo tanto no se debe preocuparse qué enchufe de género va en la batería o el control de velocidad. Otra ventaja que tiene este tipo de conector es que se puede encontrar en varios tipos de escala.



Figura 2. 41: Conjunto de varios tamaños de conectores Anderson power poles.  
Fuente: (Del Schier, 2017).

## 2.10. Comunicaciones inalámbricas

Es una de las áreas más vibrantes en el campo de la comunicación, se debe a una confluencia de varios factores tales como el explosivo aumento de la demanda de conectividad sin cables, impulsado hasta ahora, y el progreso dramático en la tecnología Integración a muy gran escala (Very Large Scale, VLSI), ha permitido el área pequeña y la implementación de bajo consumo de sofisticados algoritmos de procesamiento de señal y codificación.

Hay dos aspectos fundamentales de la comunicación inalámbrica que hacen que el problema sea desafiante e interesante. Por lo general, estos aspectos no son tan importantes en comunicación por cable. Primero está el fenómeno del desvanecimiento, la variación temporal de las intensidades del canal debido al efecto de pequeña escala del desvanecimiento multitrayecto, así como efectos de escala tales como la pérdida de trayectoria a través de la atenuación de distancia y el sombreado por obstáculos.

En segundo lugar, a diferencia del mundo cableado donde cada par transmisor-receptor a menudo puede ser pensado como un enlace aislado punto a punto, los usuarios inalámbricos se comunican por el aire y hay una interferencia significativa entre ellos en la comunicación inalámbrica. La interferencia puede ser entre transmisores que se comunican con un

receptor común, entre las señales de un solo transmisor a múltiples receptores.

### **2.10.1. Radiocomunicación**

Se denomina así a la comunicación entre dos o más punto sin necesidad de que este un cable físico para lograr la transferencia de información por medio de ondas radioeléctricas, cuya frecuencia se fija en los 3000 GHz. Según Roman Lara, (2001) la radiocomunicación es la técnica que consiste en la superposición de la información a ser transferida en una onda electromagnética designada como “portadora”, debido a ese proceso se la conoce como modulación.

### **2.10.2. Sistemas de comunicación**

Para que un mensaje sea transmitido, se necesita el medio de transmisión, que permita la comunicación desde un punto inicial llamado transmisor hasta otro punto nombrado como el receptor y para que llegue el mensaje debe existir el medio de transmisión.

Las ondas de radio es el medio más común para establecer una comunicación inalámbrica, para que este tipo de comunicación se dé, se requiere determinar cierto proceso entre el emisor y el receptor así como: la frecuencia de onda que se usará y el sistema de codificación/decodificación empleado para la conversión analógica/ digital. (Fields, 2014)

### **2.10.3. Redes inalámbricas con tecnología WiFi**

La banda de frecuencia 2.4 GHz actualmente es usada para los sistemas locales de comunicación, abierto para todo el mundo ya que no se necesita la asignación de un canal para acceder tanto como la emisora y al receptor siempre y cuando se respeta la regulación de límite del nivel de potencia, siendo subdividida en 14 canales, permitiendo la transferencia de datos de hasta 11Mbps de velocidad.

## **2.11. Protocolos de comunicación R/C: PPM, PCM, PWM, GFSK**

### **2.11.1. Modulación de la posición del pulso**

La modulación por posición de pulso (*Pulse Position Modulation, PPM*), se identifica con las demás modulaciones por emitir señal analógica, una de las ventajas que tiene es que es compatible con diferentes marcas ya sea el emisor como el receptor pero se debe tomar en cuenta que ambos deben trabajar en PPM, y en la misma frecuencia y banda.

### **2.11.2. Modulación por impulsos codificados**

La modulación por impulsos codificados (*Pulse Code Modulation, PCM*), la señal analógica se reconstruye en señal digital para facilitar la transmisión mediante el uso de muestras de señales analógicas. El beneficio de la señal digital es brindar una mayor calidad S/I (señal de interferencia), Adicionalmente el número de canales aumenta para su disponibilidad.

### **2.11.3. Modulación de ancho de pulso**

La modulación de ancho de pulso (*Pulse Width Modulation, PWM*), en los radio control ha existido por mucho tiempo este protocolo, Esta modulación está presente en los receptores que si poseen 8 canales, se colocan 8 cables para cada uno de ellos, resumiendo que cada canal tiene su propio cable.

### **2.11.4. Modulación por desplazamiento de frecuencia Gaussiana**

(*Gaussian Frequency Shift Keying, GFSK*), es un método de modulación para la comunicación digital que se encuentra en estándares como bluetooth. GFSK es una modulación mejorada del FSK, que pasa por un filtro Gaussiano antes de modular la señal, en la cual permite mayores velocidades de transferencia sobre un mismo canal.



## **CAPÍTULO 3: SIMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN**

En este capítulo se detalla la implementación del robot volador drone de carreras con sistema de visión en primera persona. Se presenta en detalle los componentes que se utilizan para la construcción del prototipo y su implantación del módulo Walfwhoop Q3.

### **3.1. Principio de funcionamiento**

El robot volador drone de carrera con sistema de visión en primera persona es un prototipo que permite al operador ver en tiempo real el vuelo, la trayectoria y ser maniobrado mediante controles RC para poder participar en carreras de esta categoría en concursos de robótica a nivel nacional o internacional.

La categoría de drone Racer se lleva a cabo en varias localidades de nuestro país proporcionando al espectador una experiencia única. Este sistema de transmisión de video en tiempo real es la única manera de poder maniobrar estos prototipos, ya que sus especificaciones son muy diferentes a drones que anteriormente se han construido en el club.

La potencia y maniobrabilidad de estos robots son de un estándar muy por encima a lo que anteriormente se ha hecho, por lo que conlleva de mucha práctica para llegar al mejor rendimiento en las competencias. Las competencias comprenden de un circuito con obstáculos y retos, al mejor tiempo en culminarlo se llevarán la mayor cantidad de puntos, la única desventaja es el tiempo de vuelo proporcionado por las baterías de LiPo que en nuestro caso usaremos de 4S a 90C de descarga.

### **3.2. Hardware**

En la construcción del prototipo es necesario utilizar varios dispositivos que no son de fácil acceso, pero sin embargo ayuda al perfecto desempeño del robot en el aire.

### 3.2.1. Frame Martin II

Es una estructura que sirve para montar los componentes electrónicos de un prototipo, en este caso, el drone de carreras. Para que este sea liviano y tenga la resistencia suficiente para sobrellevar bien las caídas se utiliza la fibra de carbono, este material es muy bien utilizado en la industria aeroespacial por sus características.

El frame adquirido contempla el espacio suficiente para montar los componentes que ayudan al perfecto funcionamiento del drone. El que incluya la PDB es muy importante ya que abarata costos en su fabricación y evita aumentar peso con otras que son más pesadas. Se adquirió el modelo Martian II, como se muestra en la figura 3.1.



Figura 3. 1: Frame Martian II  
Fuente: (Zouari, 2017).

Entre las características más importantes de este frame son:

- El tamaño es de 220 mm
- Peso es de 155 gr
- Espesor de los brazos es de 4mm
- Espesor de las tapas del cuerpo son de 1.5 mm y 2 mm

### 3.2.2. Motor DLFPV

A continuación, se muestran los motores adquiridos para la construcción del prototipo, estos motores son de tipo sin escobilla para lo cual son perfectos para este tipo de robots aumentando la eficiencia en el

consumo de energía y rendimiento. Estos motores brushless son diseñados para drones de competencia a escala de 210, 220, 250 y 280 mm.



Figura 3. 2: Motor brushless para fpv rc drone racer.  
Fuente: (Whalen, 2017).

La elección del tipo de motor es muy importante para el proyecto, para ello se tomaron en cuenta algunas pautas. A continuación, se presentan los datos del fabricante de dichos motores a utilizar:

Tabla 3. 1: Características de motores DLFPV.

KV	2300
Peso	28g
Número de celdas	2S A 4S
Potencia máxima continua	240W
Hélices recomendadas	5045
Corriente máxima (180s)	24 <sup>a</sup>

Elaborado por: autor.

### 3.2.3. Variadores de velocidad o ESC Kiss

El funcionamiento es muy parecido a un motor trifásico, sin embargo, en este caso debemos tomar en cuenta que son motores de corriente continua y trabaja mediante pulsos, este activa una sección del embobinado permitiendo el movimiento del tambor 1/3 de la circunferencia, y a continuación, se activa otra sección del embobinado y con esto el movimiento se lleva a cabo periódicamente. Se eligió los variadores KISS ya que su rendimiento esta por muy encima de los conocidos comercialmente, además trabajan con el protocolo Oneshot 42 y 125 que responde mucho más rápido al PWM.

El voltaje de operación está entre 6 a 25 V, por lo que se encuentra en el rango de la batería de lipo 4S. Además, el tamaño es ideal para el frame del drone que cuenta solamente de 19x24mm. A continuación, se muestra una imagen de dichos variadores adquiridos.



Figura 3. 3: Fotografía de ESC KISS  
Elaborado por: Autor

#### 3.2.4. Controladora de vuelo Kiss FC

El robot volador Drone Racer es importante reconocer que no es necesario tener presente muchos de los sensores que se utilizan en la actualidad para el control de vuelo las maniobras son rápidas, es un control manual.

Para ello es necesario uno de los mejores controladores de vuelo que se han construido, se trata de una controladora de vuelo Kiss de Flyduino, se basa en un microcontrolador ARM STM32F303CCT6 de 32 bits y un sensor MPU6050 ver figura 2.29.

Con un peso de 4,6gr y un tamaño de 30.5mm x 30.5mm esta placa es diseñada para prototipos voladores de carreras, también cabe recalcar que soporta de 2 a 5s en batería de lipo, integra un regulador de voltaje para la electrónica, y sus pads para sus conexiones facilitan el montaje y configuración. A continuación, en la figura 3.4 se muestra el montaje que se





Figura 3. 5: Radio control Flysky FS-i6  
Elaborado por: Autor

Junto a este radio se pudo obtener un receptor Flysky A8S como se puede ver en la imagen 3.6, puede ser conectado por un único cable para transmitir las señales PPM del radio control al controlador de vuelo kiss, y su peso y tamaño facilitan el montaje en la estructura del frame antes descrito.



Figura 3. 6: Receptor Flysky A8S.  
Fuente: (Nováček, 2017).

### 3.2.6. Módulo de transmisión de video analógico Wolf whoop Q3 5.8 GHz

En el vuelo para su perfecto control es fundamental contar con un sistema de transmisión de video, y entre los existentes en el mercado se obtuvo el modelo Wolf whoop Q3, como muestra en la figura 3.7.

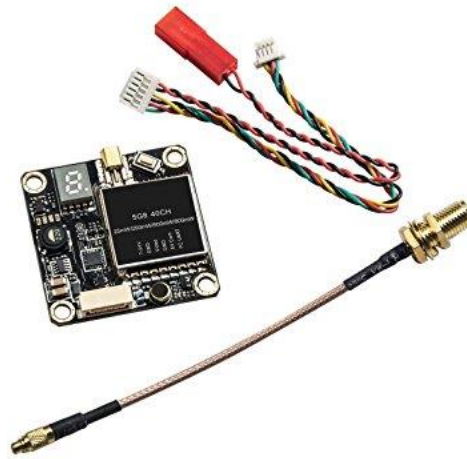


Figura 3. 7: Módulo Wolf whoop Q3  
Fuente: (Wolf whoop, 2018)

Entre las características más notables de este módulo es el voltaje de operación de 7 a 24V, tiene potencias variables de salida como son 120mW, 200mW, 280mW, 330mW, el formato de video es de NTSC y PAL y el peso de toda la placa es de apenas de 7.4gr.

Lo importante de este módulo es su modo de ser montado, porque cuenta con un cable coaxial con conector SMA para antenas diseñadas de 5.8GHz, de manera que ayuda en el cuidado de daños por golpes y caídas. Además, su potencia variable, ayuda a evitar el solapamiento de frecuencias de otros módulos en una competencia.

### **3.2.7. Batería LiPo 4S**

En los distintos tipos de competencia que existen a nivel nacional o internacional los prototipos de este tipo deben utilizar la mejor batería con el mayor factor de descarga para poder entregar potencia en corto tiempo, así el drone podrá volar más rápido aunque existe la desventaja que su descarga se realiza en corto tiempo.

Para ello es necesario utilizar una batería LiPo 4S, el cual describe que se trata de 4 celdas con un mínimo de 1300mAh y 90C de descarga, como se puede ver en la siguiente figura 3.8. En competencias nacionales o internacionales los prototipos exigen mucho de sí, y para ello es necesario

poseer una alimentación de energía que permita al robot dar todo su potencial.



Figura 3. 8: Bateria LiPo 4S  
Fuente: (Parker, 2016).

### 3.2.8. Cámara para FPV Runcam OWL II

Entre los elementos más importantes que conforman en el drone de carreras está la cámara para fpv, esta cámara está diseñada para prototipos de esta categoría, ayuda a capturar las imágenes en forma de video para ser transmitidas en tiempo real por el módulo antes descrito, como se muestra en la figura 3.9.



Figura 3. 9: Cámara Runcam OWL II  
Elaborado por: autor

Esta cámara posee un tamaño de 28mmx26mmx28mm y un peso de 15gr, ideal para ser instalada en el frame del prototipo. Esta cámara posee un sensor CMOS, el formato de video es de 16:9 /4:3 seleccionable en el menú integrado, además, el sistema de video es NTSC/PAL también configurable según se lo requiera.



Entre otras características que este dispositivo está su voltaje de operación, que oscila entre 5 a 36v, la corriente de operación es de 90mA a 12V y 200mA a 5V, posee un menú OSD. Su estructura permite personalizar el ángulo de acción mediante su base, permitiendo así visualizar de la mejor manera cuando el drone se encuentre acelerando ya que este mientras más rápido va, mayor será la inclinación hacia delante.

### 3.2.9. Construcción de prototipo volador para carreras

La construcción del prototipo se basa en una lista de pasos a seguir para el perfecto funcionamiento de éste. En primera instancia, se debe preparar el frame para su ensamblaje, esto es lijando las partes de los brazos de fibra de carbono para evitar el daño en caídas, esto suavizara los bordes y permite adquirir más fuerza estructural. En la siguiente figura 3.11, se puede ver como se debe organizar el frame para ajustarlos con tornillos y tuercas que vienen adjunto al kit de partes.

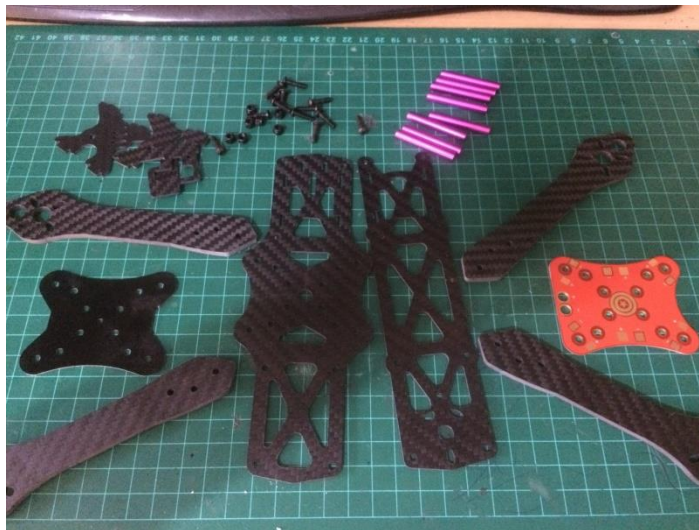


Figura 3. 10: Estructura del Frame para Drone racer  
Elaborado por: Autor

Al concluir el ensamblaje de la base del frame permitirá instalar la Power Distribution Board, como se muestra en la figura 3.11, y se soldaran los cables que será alimentada por la batería de lipo.



Figura 3. 11: Ensamblaje de base e instalación de PDB  
Elaborado por: Autor

Listo el montaje y soldada de la PDB, es necesario asegurarse que no existan algún tipo de contactos entre los polos para evitar algún tipo de corto circuito.

A continuación, es necesario montar los motores y conectarlos a cada uno de los ESC's para posteriormente soldarlos a la PDB, como se muestra en la figura 3.13.

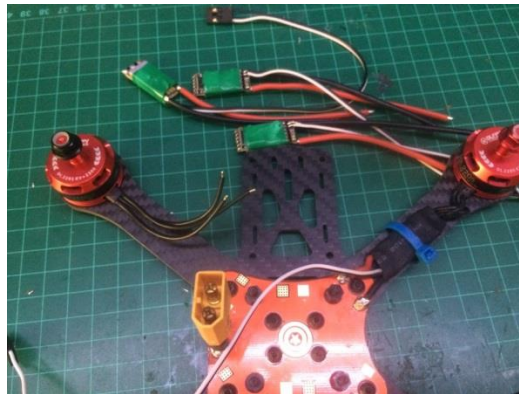


Figura 3. 12: Montaje de motores y ESC  
Elaborado por: Autor

El siguiente paso será el montaje de la controladora de vuelo, en este caso será la Kiss FC, figura 3.14, este puede ser conectado directamente a la PDB porque no necesita ningún tipo de regulador de voltaje.

Cada uno de los ESC se tiene que conectar también a la controladora, este cable de la señal permitirá decirle como debe girar cada motor proporcionando un vuelo estable o rápido según sea el caso.



Figura 3. 13: Montaje de controladora de vuelo Kiss FC  
Elaborado por: Autor

Posteriormente, es necesario montar en la estructura los módulos respectivos a la comunicación de radio frecuencia y así también la cámara descrita anteriormente, en la figura 3.14, 3.15 y 3.16, se muestra el montaje de las partes restantes.

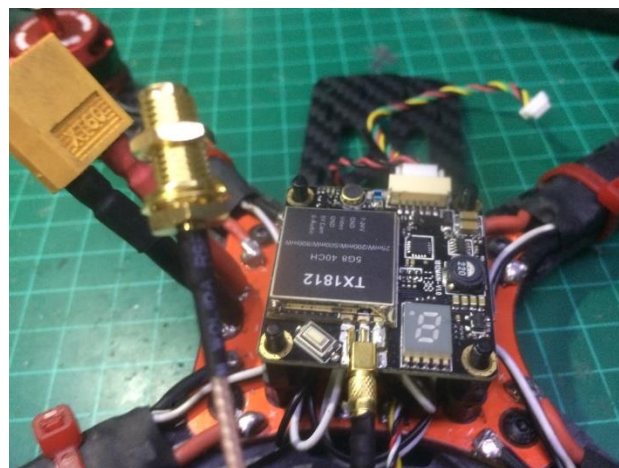


Figura 3. 14: Montaje de módulo de transmisión de video  
Elaborado por: Autor

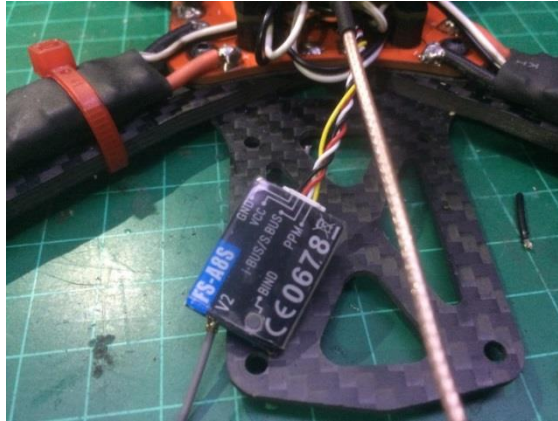


Figura 3. 15: Montaje receptor de control RC Flysky FS-i6.  
Elaborado por: Autor



Figura 3. 16: Montaje de Cámara Runcam Owl II.  
Elaborado por: Autor

Una vez realizado el montaje de las partes faltantes es necesario realizar el diseño de la antena FPV para el prototipo, para ello se toma en cuenta ciertos conceptos básicos para la propagación. El diseño de la antena será una de tipo cloverleaf, estas se caracterizan por su lóbulo de radiación, es totalmente circular, como se puede ver en la figura 3.17.

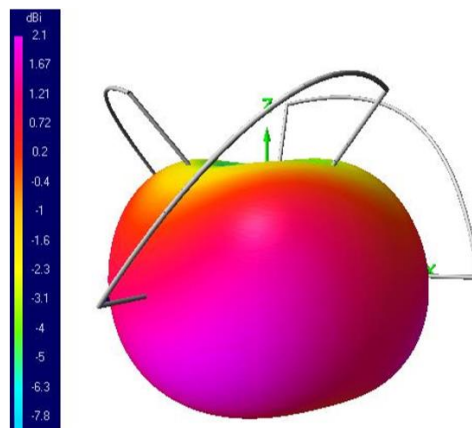


Figura 3. 17: Lóbulo de radiación de antena cloverleaf.  
Fuente: (Matienzo & Olmedilla, 2016).

Tomando en cuenta la frecuencia de operación de esta antena es posible calcular las dimensiones. Sabemos que la longitud de onda es de acuerdo a la frecuencia, por lo tanto dicho resultado con frecuencia de 5.8GHz da como resultado 5.16cm.

Con este dato y según recomendaciones de los diseñadores de este tipo de antena se llegó a que el diámetro, figura 3.18, de la antena  $W$  es igual a la mitad de la longitud de onda de la frecuencia de operación, por lo tanto:

$$W = \frac{\lambda}{2} = \frac{5.16cm}{2} = 2.58cm$$

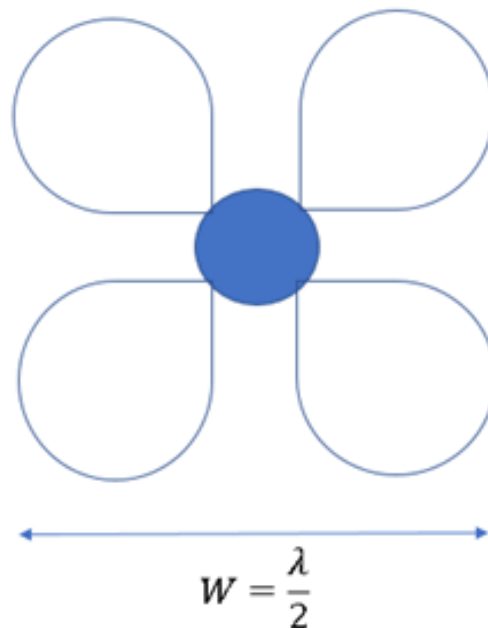


Figura 3. 18: Lóbulos de antena Cloverleaf.  
Elaborado por: Autor.

El radio será de 1.29cm, esta nos ayuda a determinar la máxima distancia que tendrá cada pétalo, como se puede ver en la imagen 3.20.

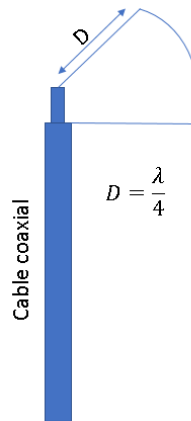


Figura 3. 19: Lóbulos de antena Cloverleaf.  
Elaborado por: Autor.

Con los cálculos respectivos tenemos como resultado la antena final que nos permitirá transmitir la señal analógica de nuestra cámara en una frecuencia de 5.8GHz, figura 3.21 y 3.22.



Figura 3. 20: Antena Cloverleaf final.  
Elaborado por: Autor.

Cabe recalcar que, en la actualidad se comercializan dispositivos que pueden recibir las señales emitidas por el módulo Wolf whoop Q3, en la frecuencia de 5.8GHz, estos dispositivos son de diferentes tipos y costos. Constan de módulo receptor de video analógico y pantalla, ubicado en un molde que se acoplan en un visor como los conocidos de realidad virtual, permitiendo la comodidad del piloto al volar este prototipo, figura 3.23.



Figura 3. 21: Gafas FPV EACHINE EV100 5.8G.  
Elaborado por: Autor.

Entre las características más destacadas de este producto es que trabajan con una resolución de 720x540, radio de 4:3, voltaje de operación es de 7.4V y lo más importante es que cuentan con un sistema de diversidad con dos antenas para evitar la pérdida de video en pleno vuelo.

### **3.3. Configuración de prototipo Drone Racer con Kiss GUI**

La tarjeta controladora de vuelo Kiss FC tiene integrado un software propietario que permite el análisis y control del dron para el vuelo. Para ello es necesario configurar y realizar ajustes de PID, canales de recepción, ajustes con el control y de variadores con sus respectivos motores, a continuación se presenta en esta sección dicho procedimiento realizado con el prototipo dron racer.

En la figura 3.22 se muestra la interfaz principal del programa configurador llamado Kiss GUI, este nos presenta un modelo de la tarjeta, sus puertos y por supuesto un puerto com para realizar conexión a la placa.





Otra sección en la misma pantalla de configuración inicial son las generales y funciones adicionales, en la que nos determina la velocidad de throttle mínimo, protocolo de control de esc, asignación de funciones en el control RC y filtro. En la figura 3.24, se muestra los valores que se asignaron en los distintos casilleros, el cual fue determinado después de ensayos de prueba y error.



Figura 3. 24: Sección de configuración general y funciones auxiliares.  
Elaborado por: Autor.

En la sección de salida de datos podemos observar la telemetría y la reacción de cada uno de los canales del radio control, es así que podemos observar que la configuración previa está correcta, como se muestra en la figura 3.25.

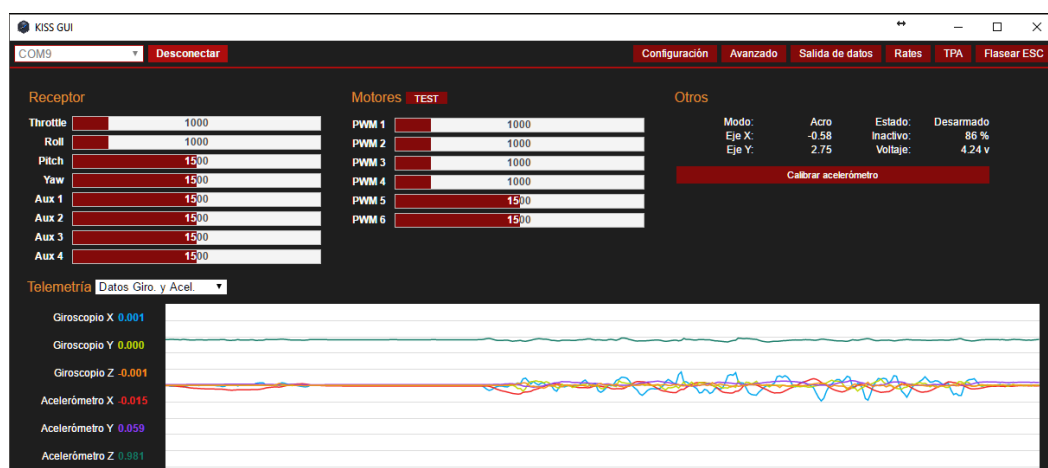


Figura 3. 25: Sección de salida de datos.  
Elaborado por: Autor

También es posible realizar cambios en los valores del RC rate, y curva RC, con una simulación en tiempo real de la reacción del drone cuando es accionado con los canales de pitch, yaw y roll que corresponden a los movimientos en el aire, figura 3.26.

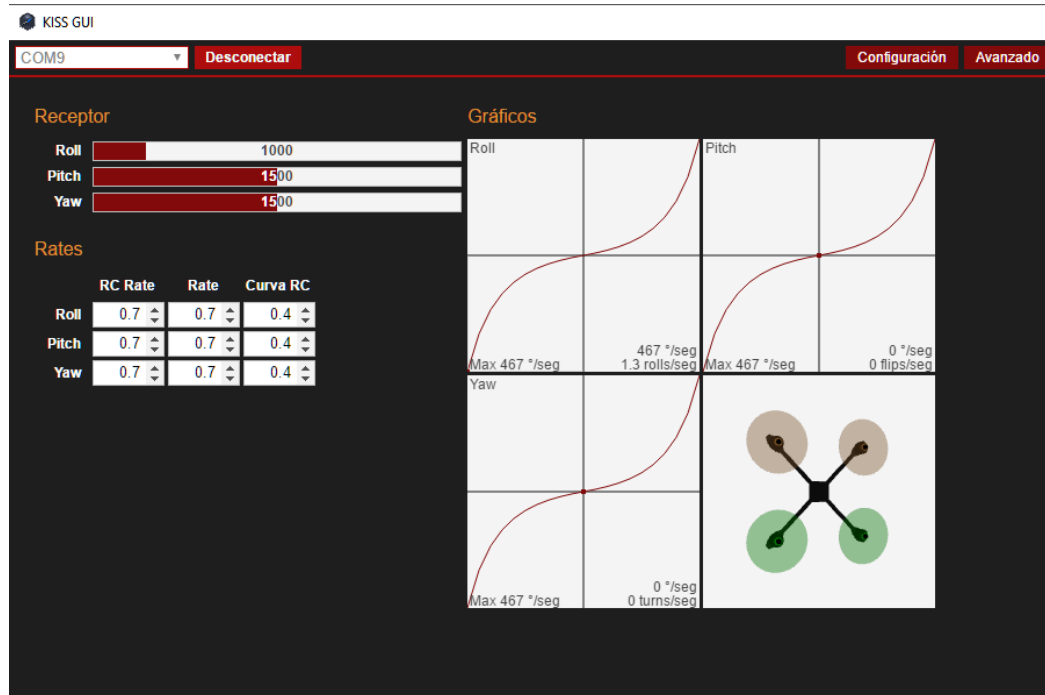


Figura 3. 26: Simulación en tiempo real.  
Elaborado por: Autor.

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **4.1. Conclusiones.**

- Gracias a las fuentes bibliográficas, publicaciones de artículos científicos relacionados con nuestro tema, se describieron características de cada dispositivo, fundamentos teóricos y aplicaciones acerca del robot aéreo.
- Se logra cumplir con el objetivo general, por medio de la finalización de los objetivos específicos planteados para la implementación de un sistema de transmisión de video en tiempo real utilizando el módulo de comunicación Wolf whoop Q3 5.8 GHz para un robot volador de carreras.
- El diseño electrónico del módulo Wolf whoop Q3 5.8 GHz se concluye que con la comunicación fpv en participación de competencia categoría drone racer, se logró tener una mayor visualización y adquirió una excelente maniobrabilidad.
- Con la implementación de la estructura del robot volador se sigue cumpliendo con los reglamentos de torneos nacionales, internacionales e intervenciones en futuras competencias como: CER (Concurso Ecuatoriano Robótica), Robomatrix entre otras; con la categoría robot aéreo.

### **4.2. Recomendaciones.**

- Para las futuras competiciones categoría robot aéreo es importante llevar repuestos como por ejemplo hélices, motores y baterías de lipo cargadas, en caso de algún percance como una ruptura de sus hélices.

- Al calibrar los motores del dron, se recomienda comprobarlo en campo abierto, para evitar de repente daños físicos en la propiedad privada colindantes.
  
- Al adquirir las piezas para armar el dron se debe tomar en cuenta que siempre debemos de abastecernos de otra más como reserva en caso de un improvisado daño y enfrentar alguna eventualidad adversa; de igual manera tener de reserva un esc o un motor adicional
  
- Se recomienda acoplar sensores, módulos, y entre otros equipos electrónicos con el fin de que este robot aéreo no solo sea utilizado como un dron racer, sino también para uso de investigación y así lograr nuevos trabajos de titulación.

## Bibliografía

- Abdus, S., Anwarul, A., Muhamunad, M., & Faisal. (2015). Diseño y fabricación de una vigilancia autónoma hexacóptero. Recuperado el 7 de febrero de 2018, a partir de [http://www.cuet.ac.bd/icmere/ICMERE%202015%20Proceedings/Sesion-II\(C\)/ICMERE2015-PI-208.pdf](http://www.cuet.ac.bd/icmere/ICMERE%202015%20Proceedings/Sesion-II(C)/ICMERE2015-PI-208.pdf)
- Aiju. (2017). Nuevos componentes para ensamblar, última fase para aviones no tripulados avanzados. Recuperado el 24 de enero de 2018, a partir de [http://www.droneteamproject.eu/images/gallery/meetings/fifth\\_meeting/Aiju\\_presentation/04\\_5thAIJU\\_newComponents\\_FPV.pdf](http://www.droneteamproject.eu/images/gallery/meetings/fifth_meeting/Aiju_presentation/04_5thAIJU_newComponents_FPV.pdf)
- Alvarez, A. (2014). Sistema de sensorización haciendo uso de Raspberry Pi para su uso e implantación en un entorno inteligente. Recuperado el 21 de enero de 2018, a partir de [http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/3528/TFGUEX\\_2014\\_Alvarez\\_Rodrigo.pdf?sequence=1](http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/3528/TFGUEX_2014_Alvarez_Rodrigo.pdf?sequence=1)
- Baert, M. (2016). Antena Pagoda. Recuperado a partir de <http://www.maartenbaert.be/quadcopters/antennas/pagoda-antenna/>
- Bake, P. (2016). Flyduino KISS FlightController Manual v1.03. Recuperado el 21 de enero de 2018, a partir de <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0236/4759/files/Flyduino-KISS-FlightController-Manual-v1.03-en.pdf?738121776653249924>
- Beker, B. (2017). Kiss fc expresión básica. Recuperado a partir de <http://www.dyd.org.tr/kiss-fc-basit-anlatim/>

- Benito, J. (2015). *Integración de un UAV (vehículo aéreo no tripulado) en la plataforma robótica ARGOS*. UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR. Recuperado a partir de <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20150407JuanAlbertoBenitoCarrasco.pdf>
- Bueno, D. (2013). Motores electrico brushless. Recuperado el 24 de enero de 2018, a partir de <https://1mecanizadoelarenal.files.wordpress.com/2013/11/motores-brushless.pdf>
- Claros, R., Guevara, A., & Pacas, N. (2016). Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos tripulados. Recuperado el 7 de febrero de 2018, a partir de <http://ri.ues.edu.sv/14218/1/50108282.pdf>
- Cortés, A. (2016). *Control de Posicionamiento de un Cuadricóptero*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado a partir de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55285/CORT%C3%89S%20-%20Control%20de%20Posicionamiento%20de%20un%20Cuadric%C3%B3ptero.pdf?sequence=2>
- Crespo, G. (2014). Sistema de enlace robusto para la teleoperación de un UAV (vehículo aéreo no tripulado) en la plataforma robótica ARGOS. Recuperado el 19 de enero de 2018, a partir de <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20150122GuadalupeCrespoQuiros.pdf>

- Del Schier. (2017). Más poder para ti. Recuperado el 22 de enero de 2018, a partir de [http://dev.wc-ares.org/wp-content/uploads/Equipment/Anderson-Powerpoles\\_\\_Del-Schier-K1UHF.pdf](http://dev.wc-ares.org/wp-content/uploads/Equipment/Anderson-Powerpoles__Del-Schier-K1UHF.pdf)
- Fields, L. (2014). Comparación de sistemas de comunicación inalámbrica para robots móviles. *Prisma Tecnológico*, 4, 3.
- Fisher, J. (2017, enero 18). Parrot Disco FPV. Recuperado el 19 de enero de 2018, a partir de <https://www.pcmag.com/review/351044/parrot-disco-fpv>
- García, L. (2016). Drones, el cielo está al alcance de todos. Recuperado el 19 de enero de 2018, a partir de [http://www.edubcn.cat/rcs\\_gene/treballs\\_recerca/2015-2016-03-1-TR.pdf](http://www.edubcn.cat/rcs_gene/treballs_recerca/2015-2016-03-1-TR.pdf)
- Garijo, D., López, J., & Pérez, I. (2014). Control de un vehículo aéreo no tripulado documentacion. Recuperado el 19 de enero de 2018, a partir de <http://eprints.ucm.es/9477/1/documentacion.pdf>
- Garrell, A., Garza-Elizondo, L., Villamizar, M., Herrero, F., & Sanfeliu, A. (2017). Modelo aéreo de fuerza social: un nuevo marco para acompañar a las personas que usan robots voladores autónomos (pp. 7011–7017). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IROS.2017.8206627>
- González, W. (2017). *Diseño y construcción de un vehículo aéreo no tripulado (UAV), del tipo drone cuadricóptero de carreras*. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. Recuperado a partir de <http://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/1032/EL%20DRONE%20OK.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

- Grima, A., & Fagerstrom, J. (2014). *Creando un autónomo Octocopter*. Royal Institute of Technology Bachelor thesis. Recuperado a partir de <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:751508/FULLTEXT01.pdf>
- HeliPal. (2014). Storm racing drone tipo a. Recuperado el 19 de enero de 2018, a partir de <http://image.helipal.com/helipal-storm-racing-drone-type-a-v1-1.pdf>
- Herrera, J., & Rincon, R. (2012). Diseño y construcción del prototipo experimental de la estructura para un vehículo aéreo no tripulado (uav) tipo quadrotor. Recuperado el 25 de enero de 2018, a partir de [http://www.academia.edu/35234058/DISE%C3%91O\\_Y\\_CONSTRUCCI%C3%93N\\_DEL\\_PROTOTIPO\\_EXPERIMENTAL\\_DE\\_LA\\_ESTRUCTURA\\_PARA\\_UN\\_VEHICULO\\_AEREO\\_NO\\_TRIPULADO\\_UAV\\_TIPO\\_QUADROTOR](http://www.academia.edu/35234058/DISE%C3%91O_Y_CONSTRUCCI%C3%93N_DEL_PROTOTIPO_EXPERIMENTAL_DE_LA_ESTRUCTURA_PARA_UN_VEHICULO_AEREO_NO_TRIPULADO_UAV_TIPO_QUADROTOR)
- Kiss, flyduino. (2018). KISS ESC32A. Recuperado a partir de <http://kiss.flyduino.net/the-kiss-experience/kiss-esc32a-32bit-electronic-speed-controller/>
- Lara, R. (2001). *Estudio y diseño de una red inalámbrica para la empresa dataradio telecomunicaciones, que cubrira a Quito, Calderon y Guachala Cayambe*. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito. Recuperado a partir de [https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi31qzq0L3YAhWBRCYKHZNfA3EQFghEMAU&url=http%3A%2F%2Fbibdigital.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F11001%2F1%2FT1713.pdf&usg=AOvVaw024dPa\\_Q0CxyhcelS\\_9AcN](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi31qzq0L3YAhWBRCYKHZNfA3EQFghEMAU&url=http%3A%2F%2Fbibdigital.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F11001%2F1%2FT1713.pdf&usg=AOvVaw024dPa_Q0CxyhcelS_9AcN)



- Leversedge. (2017). Aviación canadiense y aeronaves del museo espacial. Recuperado el 23 de enero de 2018, a partir de <https://documents.techno-science.ca/documents/CASM-Aircrafthistories-RyanKDA-4Firebeetargetdrone.pdf>
- Martí, J. (2017). Montaje y automatización de un dron. Recuperado el 22 de enero de 2018, a partir de <https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/597f54c4d1903.pdf>
- Matienzo, J., & Olmedilla, A. (2016). Estudio, ensamblaje, caracterización y ensayos de dos modelos reales de RPA. Recuperado el 21 de enero de 2018, a partir de [http://oa.upm.es/40670/1/TFG\\_ALFONSO\\_OLMEDILLA\\_JOEL\\_MATIENZO.pdf](http://oa.upm.es/40670/1/TFG_ALFONSO_OLMEDILLA_JOEL_MATIENZO.pdf)
- McGriffy, D. (2017). Hacer: Drones. Recuperado el 20 de enero de 2018, a partir de [https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/O%27Reilly\\_PDFs/Make\\_Drones\\_9781680451719.pdf](https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/O%27Reilly_PDFs/Make_Drones_9781680451719.pdf)
- Moller, P., & Rabin, Z. (2017). Crítica de los autos voladores con batería. Recuperado el 19 de enero de 2018, a partir de <http://moller.com/brochures/Critique-of-Battery-Powered-Flying-Cars.pdf>
- Mulgaonkar, Y., Makineni, A., Guerrero-Bonilla, L., & Kumar, V. (2018). Robustos enjambres de robots aéreos sin evitación de colisiones. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(1), 596–603. <https://doi.org/10.1109/LRA.2017.2775699>

- Nakashima, R. (2016). Fabricante chino de dron revela portador-humano dron. Recuperado a partir de <https://phys.org/news/2016-01-chinese-drone-maker-unveils-human-carrying.html>
- Nováček, M. (2017). Receptor FlySky FS-A8S. Recuperado a partir de <http://rc.305.cz/view.php?cisloclanku=2017020015>
- Núñez, O., Figueroa, T., & De Jesús, A. (2015). Monitorización de Cultivos Utilizando Drone. Recuperado el 19 de enero de 2018, a partir de <http://vinculacion.dgire.unam.mx/Congreso-Trabajos-pagina/Trabajos-2015/2-Ciencias%20Fisicomatem%C3%A1ticas%20y%20de%20as%20Ingenier%C3%ADas/1.F%C3%ADsica/13.%20CIN2015A20121.pdf>
- Ochoa, A. (2016). Diseño e implementación de una interfaz de control y monitoreo de un dron de vigilancia para un parque o area verde de recreacion. Recuperado el 22 de enero de 2018, a partir de <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/8937/1696-Ochoa%20Perez%2C%20Alan%20Elvis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Parker, D. (2016). Tasa de alta descarga Lipo Battery-Tatu 1300mAh 4S. Recuperado a partir de <http://rcfpvplane.com/high-discharge-rate-lipo-battery-tatu-1300mah-4s/>
- Peña, C. (2017). Estudio de baterías para vehículos eléctricos. Recuperado el 22 de enero de 2018, a partir de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11805/PFC\\_Carlos\\_Pena\\_Ordonez.pdf?sequence=1](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11805/PFC_Carlos_Pena_Ordonez.pdf?sequence=1)

- Pérez, G., & Corres, J. (2015). Control motor brushless sensorless. Recuperado a partir de [http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/19222/TFG\\_Gonzalo%20Solchaga.pdf?sequence=1](http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/19222/TFG_Gonzalo%20Solchaga.pdf?sequence=1)
- Salt, J. (2017). Tipos de conectores de batería RC LiPo. Recuperado el 22 de enero de 2018, a partir de <https://www.rchelicopterfun.com/rc-lipo-battery-connector.html>
- Sarche, F. (2012). *Diseño y construcción de un prototipo de tricóptero controlado de forma remota mediante radiofrecuencia*. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5530/1/CD-4627.pdf>
- Schneider, B. (2017). Una guía para las baterías. Recuperado el 22 de enero de 2018, a partir de [http://www.rcaces.org/RC%20Aces%20News%20Letter/A\\_Guide\\_to\\_LiPo\\_Batteries.pdf](http://www.rcaces.org/RC%20Aces%20News%20Letter/A_Guide_to_LiPo_Batteries.pdf)
- Silva, L. (2015). Vehículos aéreos no tripulados, drones y sus sistemas de comunicación. Recuperado el 23 de enero de 2018, a partir de [http://www.sic.gov.co/recursos\\_user/documentos/publicaciones/Boletines/Drones.pdf](http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/publicaciones/Boletines/Drones.pdf)
- Whalen, M. (2017). DLFPV 1pcs DL2205 2300KV CW motor sin escobillas para FPV RC Drone Racing. Recuperado a partir de <http://www.ratemyrotors.com/quadcopter-parts/motors/brushless/22xx/dlfpv-1pcs-dl2205-2300kv-brushless-motor-cw-for-fpv-rc-drone-racing-quadcopter/>

- Wolf whoop. (2018). Transmisor de video FPV conmutable Wolf whoop Q3. Recuperado a partir de <http://wolfwhoop.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=11&id=12>
- Zhang, R. (2016). Comunicaciones inalámbricas con vehículos no tripulados. Vehículos aéreos: oportunidades y desafíos. Recuperado el 20 de enero de 2018, a partir de <https://www.ece.nus.edu.sg/stfpage/elezhang/Publications/UAV%20Communications.pdf>
- Zhao, X., Ding, W., Liu, C., & Li, H. (2018). Eliminación de turbidez para video aéreo de vehículo aéreo no tripulado basado en la optimización de coherencia espacial-temporal. *IET Image Processing*, 12(1), 88–97. <https://doi.org/10.1049/iet-ipr.2017.0060>
- Zhu, J., & Xu, C. (2017). Un banco de pruebas de simulación integral para robot aéreo en un escenario dinámico usando gazebo-ros (pp. 7664–7669). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CAC.2017.8244165>
- Zouari, D. (2017). Marcos Freestyle. Recuperado a partir de <https://culturefpv.fr/guide-d-achat-diy-quel-composant-acheter-20171119/>



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Mora Correa, Joel Abelino** con C.C: # 070557963-9 autor del Trabajo de Titulación: **Implementación de un sistema de transmisión de video en tiempo real utilizando el módulo de comunicación Wolf whoop Q3 5.8 GHz para un robot volador de carreras** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 5 de Marzo de 2018

f. \_\_\_\_\_

Nombre: Mora Correa, Joel Abelino

C.C: 070557963-9



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE VIDEO EN TIEMPO REAL UTILIZANDO EL MÓDULO DE COMUNICACIÓN WOLF WHOOP Q3 5.8 GHZ PARA UN ROBOT VOLADOR DE CARRERAS.		
<b>AUTOR(ES)</b>	MORA CORREA, JOEL ABELINO		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	M. Sc. EDWIN F. PALACIOS MELÉNDEZ		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Telecomunicaciones		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	5 de Marzo de 2018	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	84
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sistemas Microcontroladores, Comunicaciones Inalámbricas, Desarrollo de Sistema		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Comunicaciones Inalámbricas, Cuadricóptero, Robot aéreo, Drone Racer, Sistemas de Transmisión, Fpv, Módulo de comunicación.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>	<p>Este trabajo de titulación se trata sobre cómo armar un drone racer con la implementación de un sistema de transmisión de video en tiempo real, en la cual el capítulo 2: Fundamentación teórica, se describió los componentes necesarios y su respectiva compatibilidad con los drone racer; los aspectos principales de la electrónica, así como entender todos los procedimientos de la operación y el manejo con los drones. Esta implementación se elegirá el de la estructura cuadricóptero, por múltiples razones como por ejemplo es más fácil de manipular por ser ligero ya que contiene 4 motores. Adicionalmente en el capítulo 3: simulación e implementación se logró explicar el hardware utilizado para la transmisión en tiempo real que es el módulo Wolf whoop Q3 5.8 GHz. Se logró mostrar cómo fue calibrado los motores y ensamblado las piezas del drone. Finalizó este trabajo de titulación con recomendaciones y conclusiones del uso del drone racer para las futuras competencia de robot categoría aéreo.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593982014211	E-mail: joelmoracorrea@gmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	<b>Teléfono:</b> +593-9-68366762		
	E-mail: <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			