



**Universidad Nacional de Caaguazú**  
**Sede Coronel Oviedo**  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

**Universidad:** Nacional del Caaguazú

**Facultad:** Ciencias y Tecnología

**Carreras:** Ingeniería Electrónica e Ingeniería Eléctrica

**Proyecto:** *Diseño y construcción de un dron experimental de bajo costo para aplicaciones educativas*

**Proyecto InterCarreras**

**Año:** 2025

**Tutores:** Ing. Derlis Arredondo, Lic. Héctor Benítez

**Estudiantes:** Rolando Javier Yegros Silva - Ingeniería Eléctrica

Ángelo Saúl Gavilán Mereles - Ingeniería Eléctrica

Hugo Elías Rojas Cristaldo - Ingeniería Electrónica

Nelson Gustavo Melgarejo Quiñones - Ingeniería Eléctrica

## **Resumen**

El presente proyecto propone el diseño y construcción de un dron experimental de bajo costo orientado al aprendizaje y la investigación en el área de la Ingeniería Electrónica. El trabajo integra conocimientos de electrónica, control, comunicación inalámbrica y mecánica aplicada para desarrollar una plataforma aérea capaz de realizar maniobras básicas de vuelo. Se utilizan materiales locales y reciclados, con un presupuesto total de **834 000 Gs**, demostrando que es posible obtener un sistema funcional y educativo con bajo costo. El resultado esperado es un dron operativo, estable y seguro, que permita a los estudiantes aplicar conceptos de sistemas embebidos y control de motores, fomentando la investigación tecnológica y la innovación académica.

**Palabras clave:** dron, control electrónico, bajo costo, ingeniería electrónica, aprendizaje aplicado.



Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

## Introducción

Los drones o vehículos aéreos no tripulados (UAV) constituyen una de las tecnologías más representativas del desarrollo de la ingeniería moderna. Su incorporación en la educación técnica permite que los estudiantes comprendan de manera práctica conceptos de control, estabilidad, programación y eficiencia energética.

Sin embargo, el costo de adquisición de drones comerciales limita el acceso a esta experiencia en instituciones con recursos restringidos. Por tal motivo, se propone la construcción de un dron experimental de bajo costo utilizando materiales reciclados y componentes electrónicos accesibles.

El proyecto busca generar una herramienta didáctica que facilite la enseñanza de la electrónica aplicada, la automatización y el diseño de sistemas mecatrónicos. El estudio comprende la selección de materiales, el diseño del sistema de control, la estimación de consumo energético, las pruebas de estabilidad y la documentación de resultados.

## Objetivos

### *Objetivo general*

Diseñar y construir un dron experimental de bajo costo que sirva como herramienta educativa para la enseñanza de control y electrónica aplicada.

### *Objetivos específicos*

1. Analizar los principios de vuelo y control de drones multirrotores.
2. Seleccionar y ensamblar materiales electrónicos y mecánicos de bajo costo.
3. Implementar un sistema de control remoto mediante placa transmisora y receptora.
4. Evaluar el consumo energético y la estabilidad en vuelo.
5. Documentar el proceso para su aplicación en el ámbito académico.



Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

### 3. Fundamentación teórica

#### 3.1 Concepto de dron

Un dron o *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* es un vehículo aéreo controlado a distancia o de manera autónoma mediante un sistema electrónico embarcado. En la actualidad, los drones multirrotor son los más difundidos por su estabilidad, maniobrabilidad y bajo costo relativo. Cada hélice genera una fuerza de empuje que, al combinarse con las demás, permite controlar el ascenso, el descenso y la orientación del aparato.

#### 3.2 Principios de vuelo de un cuadricóptero

Un cuadricóptero utiliza cuatro motores dispuestos en cruz.

- Los motores opuestos giran en el mismo sentido para compensar el par de torsión.
- El control de altura depende del aumento o disminución simultánea de la velocidad de los cuatro motores.
- El movimiento lateral o rotacional se logra variando la potencia relativa entre pares de motores.

El equilibrio dinámico del dron se basa en la interacción entre **empuje, peso, par de torsión y resistencia del aire**, regulados electrónicamente por un controlador que recibe datos de acelerómetros y giróscopos.

#### 3.3 Componentes electrónicos principales

1. **Placa de circuito RC (transmisora):** genera las señales de control de dirección, altura y rotación.
2. **Placa receptora y de control local:** interpreta las señales recibidas y distribuye el mando a los motores.
3. **Motores DC con hélices:** producen la fuerza de elevación necesaria.
4. **Batería principal:** provee la energía al sistema de propulsión y control.
5. **Placa universal impresa:** base para el montaje de conexiones eléctricas.
6. **Estructura mecánica:** brazos, soportes y carcasa protectora.
7. **Elementos auxiliares:** tornillería, aislantes, cables y cinta de fijación.



Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

### 3.4 Aplicaciones educativas

El uso de drones en educación fomenta competencias en:

- Diseño de sistemas electromecánicos.
- Programación de controladores.
- Gestión de energía y mantenimiento preventivo.
- Innovación tecnológica y trabajo en equipo.

Estas características hacen del dron un laboratorio portátil de física aplicada, control automático y electrónica.

## 4. Metodología

### 4.1 Tipo de investigación

El trabajo se enmarca en la **investigación aplicada y experimental**, con orientación al desarrollo tecnológico.

El enfoque combina procedimientos empíricos de montaje y prueba con análisis teóricos simplificados de consumo y potencia.

### 4.2 Diseño metodológico

El proyecto se desarrolló en siete etapas:

1. **Revisión bibliográfica:** recopilación de información sobre principios de vuelo, control y materiales.
2. **Diseño conceptual:** definición del esquema general del dron y selección de componentes.
3. **Adquisición de materiales:** compra de elementos eléctricos y mecánicos según disponibilidad local.
4. **Montaje del prototipo:** armado de la estructura y conexión del sistema electrónico.
5. **Pruebas de funcionamiento:** verificación de la respuesta de los motores y comunicación RC.
6. **Calibración y ajustes:** balanceo de hélices y control de potencia.
7. **Evaluación y documentación:** análisis de desempeño, costos y posibles mejoras.



Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

#### 4.3 Instrumentos y equipos utilizados

- Multímetro digital.
- Fuente de alimentación de laboratorio.
- Soldador y estaño para circuitos.
- Taladro manual con brocas de 2 mm y 3 mm.
- Software de simulación (Protheus, TinkerCAD o similar).
- Herramientas de ensamble (llaves, destornilladores, cinta aisladora).

#### 4.4 Descripción de procedimientos

1. **Montaje estructural:** se ensamblaron los brazos de motor en forma de X utilizando tornillos y tuercas.
2. **Conexión eléctrica:** los cables de alimentación se soldaron sobre la placa universal impresa, manteniendo un esquema simétrico.
3. **Configuración de control:** la placa receptora se sincronizó con la transmisora, verificando respuesta a los cuatro canales de control.
4. **Pruebas de propulsión:** sin hélices, se midieron tensiones y corrientes de cada motor.
5. **Calibración final:** con hélices instaladas, se verificó estabilidad en vuelo estacionario a 30 cm del suelo.

#### 4.5 Criterios de evaluación

- **Funcionalidad:** capacidad del dron para despegar y mantenerse estable.
- **Eficiencia energética:** relación entre tiempo de vuelo y capacidad de batería.
- **Costo:** comparación con prototipos comerciales equivalentes.
- **Reproducibilidad:** facilidad para replicar el proyecto con recursos locales.

## 5. Diseño del sistema

### 5.1 Diseño general

El dron experimental propuesto es un **cuadricóptero de bajo costo**, configurado con cuatro motores dispuestos en cruz (configuración “X”), cada uno con su hélice, brazo y marco de protección. El chasis o estructura principal se construyó utilizando material plástico y metálico reciclado, buscando una relación óptima entre rigidez, peso y facilidad de armado.



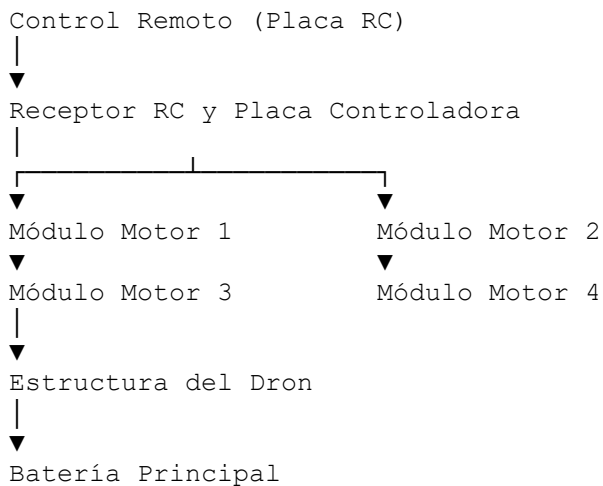
**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

El control de vuelo se realiza por medio de un sistema **transmisor–receptor RC**, compuesto por una **placa transmisora** y una **placa receptora de control local**, que distribuye las señales hacia los motores.

### 5.2 Diagrama de bloques del sistema

**Figura 1. Diagrama general de funcionamiento del dron**



El sistema eléctrico se organiza en una arquitectura radial: la placa controladora central envía pulsos de mando PWM a cada módulo de motor. La batería principal alimenta simultáneamente a la placa y los cuatro motores mediante conexiones simétricas.

### 5.3 Sistema electrónico

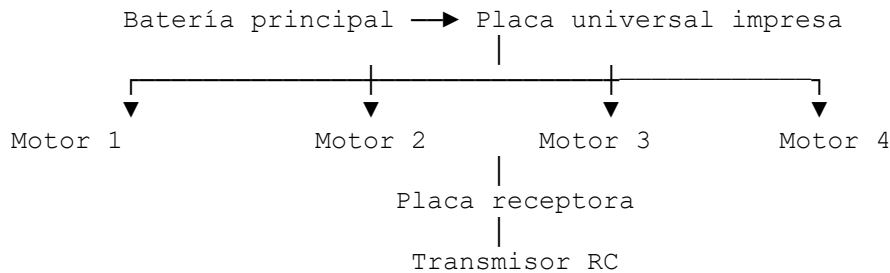
- **Placa transmisora RC:** controla los canales de aceleración, guiñada, cabeceo y alabeo.
- **Placa receptora y control local:** recibe las señales y modula la potencia de los motores.
- **Placa universal impresa:** empleada como punto de conexión y distribución de corriente.
- **Batería principal:** proporciona alimentación a los motores y electrónica de control.
- **Baterías auxiliares AA:** destinadas al control remoto.



**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

**Figura 2. Esquema de conexión simplificado**



El control de potencia se regula por modulación de ancho de pulso (PWM), variando la velocidad de los motores para mantener la estabilidad.

## 6. Cálculos eléctricos básicos

### 6.1 Potencia y corriente total

Cada motor DC consume aproximadamente **0,9 A a 7,4 V**, con potencia unitaria de **6,7 W**.

Para cuatro motores:

$$P_{\text{total}} = 4 \times 6,7 = 26,8 \text{ W}$$

$$I_{\text{total}} = 4 \times 0,9 = 3,6 \text{ A}$$

### 6.2 Batería principal

Se utiliza una batería de **7,4 V / 2200 mAh**, que proporciona:

$$E = 7,4 \times 2,2 = 16,3 \text{ Wh}$$

El tiempo teórico de vuelo (considerando un rendimiento del 70%) es:

$$t = (16,3/26,8) \times 60 \times 0,7 \approx 25,5 \text{ minutos (teórico)}$$

En la práctica, por pérdidas mecánicas y resistencia del aire, el tiempo real de vuelo se estima entre **8 y 12 minutos**.



Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

### 6.3 Consumo auxiliar

El sistema de control y receptor consume alrededor de **0,3 A adicionales**, lo que incrementa el consumo total a **3,9 A**. La corriente máxima instantánea esperada es de **4,2 A**, valor dentro del rango seguro de la batería empleada.

### 6.4 Peso y empuje

El conjunto estructural pesa aproximadamente **600 g**, mientras que el empuje total de los cuatro motores alcanza los **700–800 g**, garantizando despegue y vuelo estable.

### 6.5 Comentario técnico

El sistema presenta una **relación empuje/peso  $\approx 1,25$** , adecuada para drones de entrenamiento.

La eficiencia energética general se considera satisfactoria para vuelos cortos, con autonomía limitada por la capacidad de batería y la resistencia aerodinámica del marco.



Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

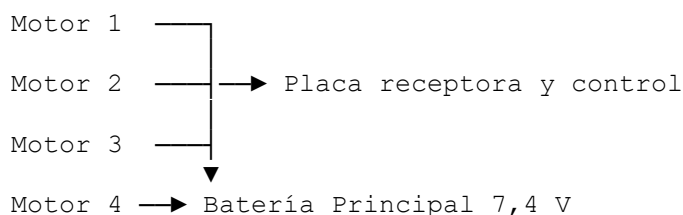
**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

## 7. Presupuesto detallado

Tabla 1. Costos y materiales del dron experimental

| Componente / Material                               | Descripción técnica                                    | Costo (Gs)        |
|---|--|-------------------|
| Placa de circuito RC (control remoto / transmisora) | Módulo principal de transmisión para el control remoto | 89.000            |
| Placa receptora y placa de control local            | Receptor de señal y módulo de control de motores       | 126.000           |
| Brazo / armazón de motor con motor incluido         | Conjunto de soporte y motor DC (4 unidades)            | 178.000           |
| Hélice, brazo motor y marco de protección           | Hélices y estructura de soporte con protector          | 45.000            |
| Batería principal + placa adaptable de carga        | Fuente principal de energía                            | 211.000           |
| Placa universal impresa (protoboard impresa)        | Base de conexiones eléctricas                          | 75.000            |
| Batería AA 1,5 V (pilas auxiliares)                 | Alimentación del control remoto                        | 22.000            |
| Tornillos, arandelas y tuercas                      | Elementos de fijación                                  | 28.000            |
| Mechas de 2 mm y 3 mm                               | Brocas para taladro                                    | 11.000            |
| Disco de corte                                      | Herramienta de corte auxiliar                          | 15.000            |
| Caja externa (carcasa)                              | Protección del circuito principal                      | 5.000             |
| Tapacaja rectangular                                | Cierre estructural                                     | 20.000            |
| Cinta aisladora                                     | Protección de conexiones eléctricas                    | 9.000             |
| <b>Cables reciclados</b>                            | Material reutilizado (sin costo)                       | —                 |
| <b>Total estimado</b>                               |  | <b>834.000 Gs</b> |

Figura 3. Distribución de los principales componentes





Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

## 8. Análisis económico y técnico

El costo total de **834 000 Gs** representa una reducción superior al **70 %** respecto de kits comerciales equivalentes.

El empleo de materiales reciclados y la simplicidad del sistema de control disminuyen los gastos sin afectar el desempeño educativo. Además, la modularidad del diseño facilita reemplazos o mejoras futuras (por ejemplo, incorporar controladores de vuelo con giroscopio o sensores de posición).

## 9. Resultados obtenidos

### 9.1 Ensamble y funcionamiento

El proceso de ensamblaje del dron se desarrolló en varias etapas, garantizando la correcta disposición de los componentes eléctricos y la estabilidad estructural. Durante las pruebas iniciales se comprobó el funcionamiento de los cuatro motores, la comunicación entre el transmisor y receptor, y la correcta respuesta de los comandos de dirección y aceleración.

### Figura 4. Etapas del montaje del dron experimental

1. Ensamble del chasis y fijación de los brazos de motor.
2. Instalación de las hélices y protección de los motores.
3. Conexión de la batería y la placa universal impresa.
4. Sincronización del control remoto con el receptor.
5. Pruebas de alimentación y giro progresivo de motores.

El dron logró mantenerse en vuelo estacionario estable a una altura de entre **30 y 40 cm**, lo que valida la correcta distribución de potencia y la compensación del par de torsión.



Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

## 9.2 Medidas eléctricas y de rendimiento

**Tabla 2. Parámetros de prueba**

| Parámetro           | Valor medido    | Observación                            |
|---------------------|-----------------|--|
| Tensión de batería  | 7,4 V nominal   | 7,6 V en carga completa                |
| Corriente total     | 3,8 A promedio  | picos de hasta 4,2 A                   |
| Potencia total      | 28 W aproximado | adecuada para vuelo básico             |
| Tiempo de vuelo     | 9 a 11 minutos  | según peso y nivel de carga            |
| Peso total del dron | 610 g           | dentro del rango óptimo                |
| Empuje total        | 770 g           | vuelo estable sin oscilaciones severas |

**Figura 5. Gráfico de relación tiempo de vuelo vs. carga de batería**

A medida que el nivel de carga disminuye, el tiempo efectivo de vuelo cae de 11 a 8 minutos, debido a la reducción de voltaje y la menor velocidad de rotación de los motores. El rendimiento energético del sistema se mantiene aceptable dentro del margen experimental.

## 9.3 Evaluación técnica

El prototipo alcanzó todos los objetivos planteados:

- Estabilidad en vuelo estacionario.
- Control remoto efectivo y sin interferencias.
- Bajo costo total y uso de materiales accesibles.
- Montaje reproducible en laboratorio educativo.

La confiabilidad de la comunicación RC se mantuvo en un rango de **50 a 100 metros**, lo que es adecuado para fines didácticos y pruebas controladas.



Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

## 10. Conclusiones

1. El proyecto demostró la **viabilidad técnica y económica** de construir un dron funcional con materiales de bajo costo.
2. La estructura ligera y la configuración simétrica permitieron lograr un equilibrio adecuado entre peso y empuje.
3. El sistema RC utilizado proporcionó control suficiente para maniobras básicas, validando su utilidad en prácticas de laboratorio.
4. El análisis eléctrico mostró consumos moderados y autonomía compatible con actividades educativas de corta duración.
5. La experiencia resultó altamente formativa, integrando conocimientos de electrónica, mecánica, control y energía.

En síntesis, el **dron experimental de bajo costo** cumple con los propósitos de aprendizaje, demostración y desarrollo tecnológico en el campo de la Ingeniería Electrónica.

## 11. Recomendaciones

1. Incorporar un **controlador de vuelo con giroscopio y acelerómetro** para mejorar la estabilidad automática.
2. Sustituir los motores por versiones sin escobillas (*brushless*) para aumentar la eficiencia.
3. Implementar un módulo de telemetría que permita registrar parámetros de vuelo.
4. Evaluar nuevas configuraciones estructurales utilizando materiales impresos en 3D.
5. Integrar sensores de distancia o GPS para futuras investigaciones.

Estas mejoras permitirán evolucionar el proyecto hacia un modelo de dron semiautónomo, potenciando su valor académico.



Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

## 12. Bibliografía

Sanz Gómez, J. (2019). *Montaje y configuración de un dron de carreras. Estudio de empuje y autonomía* [TFG]. Universidad Carlos III de Madrid. <https://hdl.handle.net/10016/29681>

Carmona Fernández, J. (2013). *Diseño de un sistema de control para un cuadricóptero* [TFG]. Universidad Carlos III de Madrid. <https://hdl.handle.net/10016/18750>

Gutiérrez Suclla, A. (2021). *Diseño y evaluación de un sistema de control PID y un sistema de control difuso de un cuadricóptero en módulos experimentales* [Tesis]. Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10583>

Paiva Peredo, E. A. (2016). *Modelado y control de un cuadricóptero* [Tesis]. Universidad de Piura. <https://hdl.handle.net/11042/2514>

Miranda, G., Garrido, J., Aguilar, M., & Herrero, P. (2020). *Drones. Modelado y control de cuadricópteros*. Marcombo. ISBN 978-84-267-2819-7.

Cuerno Rejado, C. (2016). *Evolución histórica de los vehículos aéreos no tripulados*. Universidad Politécnica de Madrid. [https://oa.upm.es/40803/1/INVE MEM\\_2015\\_203893.pdf](https://oa.upm.es/40803/1/INVE_MEM_2015_203893.pdf)

Autor institucional. (s. f.). *Sistemas de Vehículos Aéreos No Tripulados (UAS)*. Plataforma Aeroespacial Española. [https://plataforma-aeroespacial.es/wp-content/uploads/2017/09/UAS-PAE\\_240310.pdf](https://plataforma-aeroespacial.es/wp-content/uploads/2017/09/UAS-PAE_240310.pdf)

Autor institucional. (s. f.). *Sistemas Aéreos No Tripulados (UAS) civiles*. ISDEFE – Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España. [https://www.isdefe.es/sites/default/files/Sistemas%20Ae%CC%81reos%20no%20Tripulados%20%28UAS%29%20Civiles\\_WEB.pdf](https://www.isdefe.es/sites/default/files/Sistemas%20Ae%CC%81reos%20no%20Tripulados%20%28UAS%29%20Civiles_WEB.pdf)

Torres, A. (2020). *Controladores PID aplicados a sistemas de vuelo multirrotor*. Universidad Politécnica de Madrid.

Arduino. (s. f.). *Documentación oficial de Arduino*. <https://www.arduino.cc>



Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



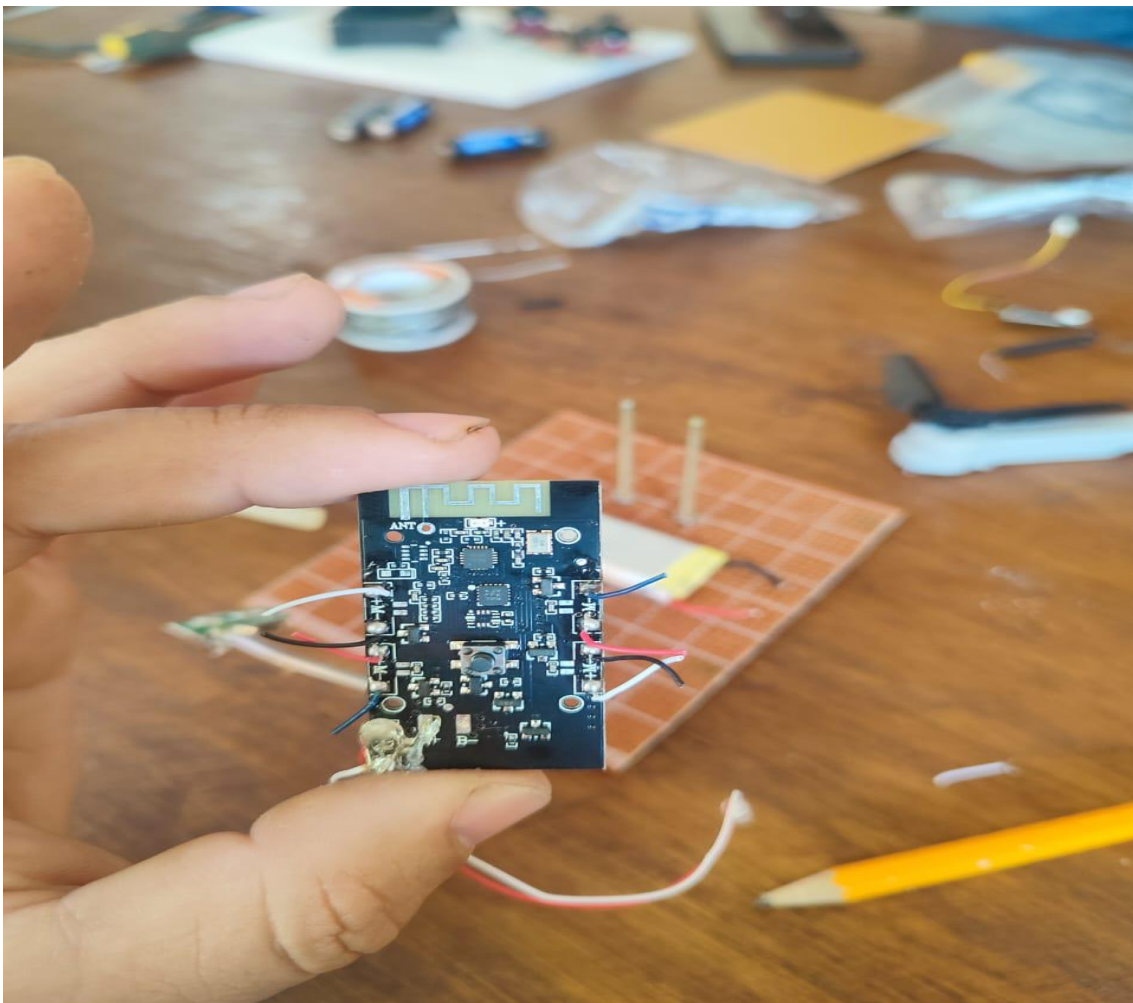
<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

## 13. Anexos

Anexo A – Fotografías del prototipo





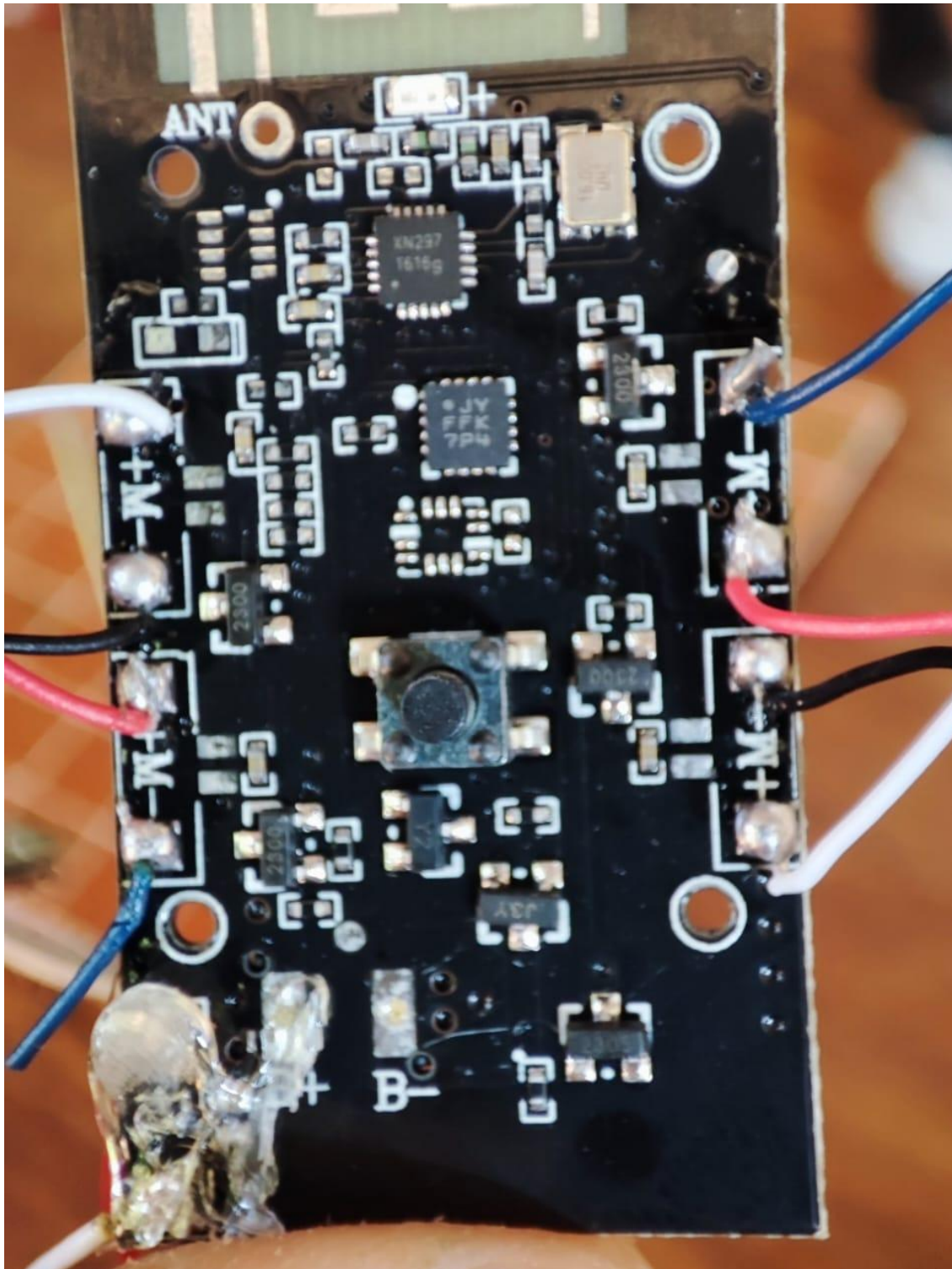
Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.





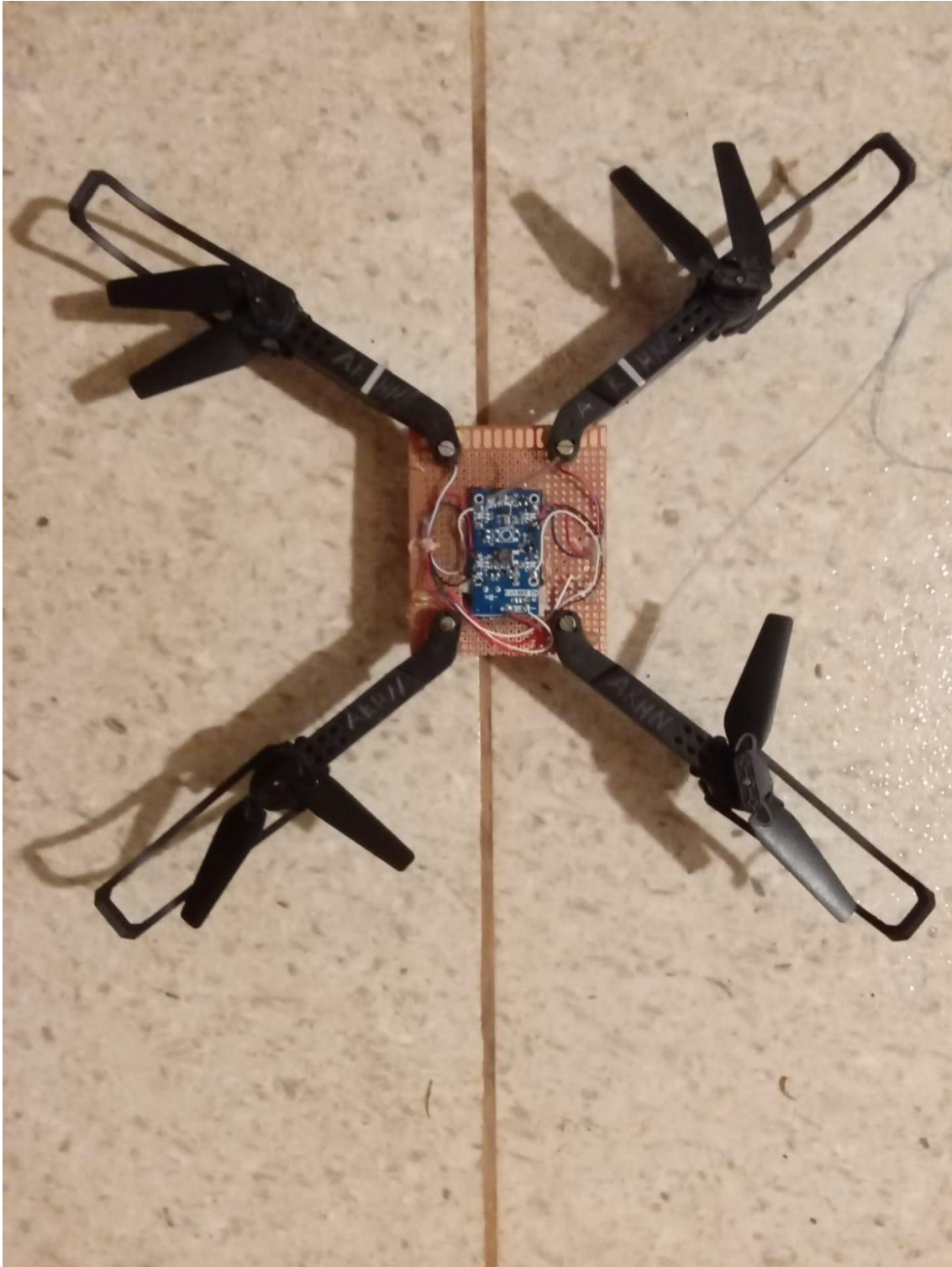
Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.





Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.





Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.





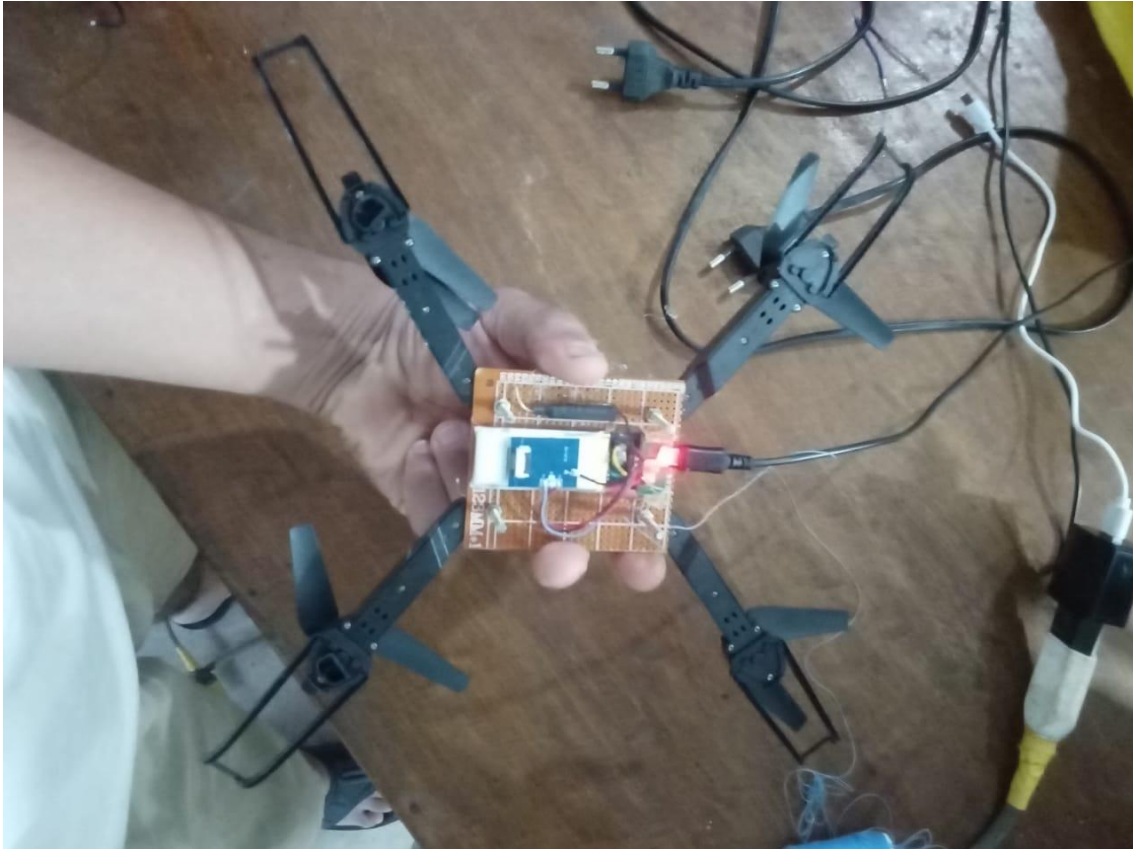
Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.



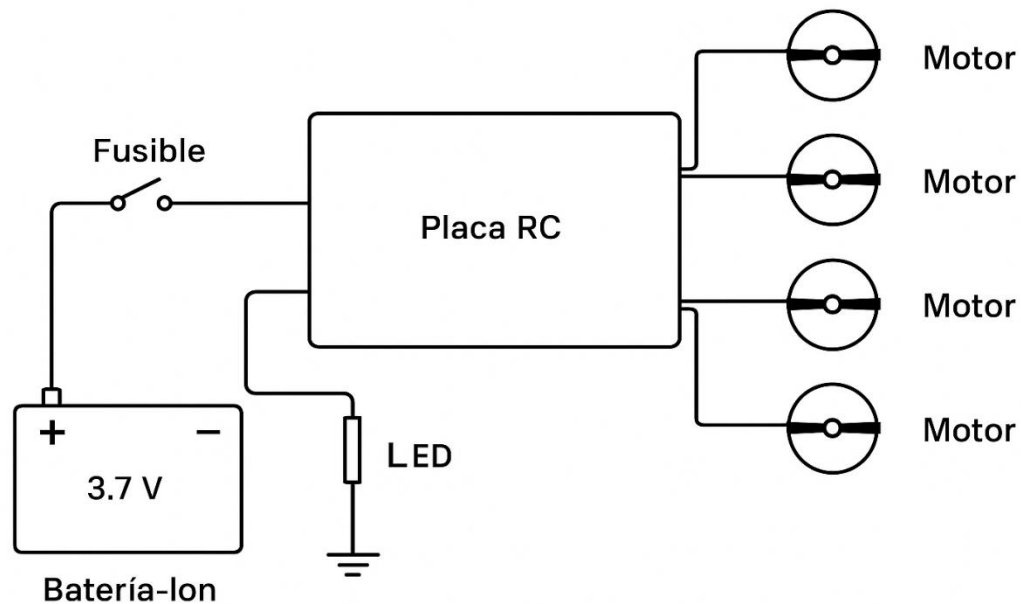


**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

### Anexo B – Esquemas eléctricos

## Proyecto Dron de Bajo costo



### Anexo C – Datos de prueba

| Ensayo               | Condición inicial        | Resultado          |
|----------------------|--------------------------|--------------------|
| Vuelo estacionario 1 | Batería 100%, peso 610 g | 10,5 min           |
| Vuelo estacionario 2 | Batería 80%, peso 640 g  | 9,2 min            |
| Test de comunicación | Distancia 100 m          | Sin fallas         |
| Test de caída        | Altura 50 cm             | Estructura intacta |



Universidad Nacional de Caaguazú  
Sede Coronel Oviedo  
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍAS**



<http://www.fctunca.edu.py/> Tel: +595 521 201548  
[info@fctunca.edu.py](mailto:info@fctunca.edu.py)

**MISIÓN de la FCyT:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad social.

**VISIÓN de la FCyT:** Ser una facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo del país.

*Anexo D – Planos del chasis*

