



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

# Tecnología en Mecánica Aeronáutica

## Mención Aviones

TEMA

“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE EMPUJE PARA UNA PLATAFORMA DRONE MULTIFUNCIÓN”.

AUTOR: VERDEZOTO BERREZUETA RONNY CRISTÓBAL

DIRECTOR: TLGO. GABRIEL INCA



# CONTENIDO

1. OBJETIVOS
2. DESARROLLO DEL PROYECTO
  - 2.1 Selección de los motores para la plataforma drone
  - 2.2 Selección de motores sin escobillas
  - 2.3 Selección de controladores de velocidad (ESC)
  - 2.4 Estudio comparativo para selección de la hélice
  - 2.5 Pruebas de empuje
    - 2.5.1 Pruebas de empuje del motor Gartt ML4112 400KV con la hélice APC 1555.
    - 2.5.2 Pruebas de empuje del motor Gartt ML4112 400KV con la hélice Ciyon 9450
  - 2.6 Comparación de rendimiento entre hélices APC 1555 y CIYOON 9450.
  - 2.7 Selección de la batería para la plataforma drone
  - 2.8 Pruebas de la plataforma Drone
    - 2.8.1 Restricciones de vuelo
3. CONCLUSIONES
4. RECOMENDACIONES



# 1. OBJETIVOS

## OBJETIVOS

- Recolectar información y analizar las fuentes de energía, motores y hélices para dispositivos UAV existentes en la actualidad.
- Implementar el sistema de energía y empuje en la estructura de la plataforma drone multifunción que pertenecerá a la Unidad de Gestión de Tecnologías.
- Ejecutar las pruebas de operación del sistema de empuje de la plataforma drone multifunción



# 2.1 SELECCIÓN DE LOS MOTORES PARA LA PLATAFORMA DRONE

## MOTORES

## VENTAJAS

## DESVENTAJAS

## IMAGEN

### MOTORES EDF

- ✓ Mejora la estética.
- ✓ Velocidad alta.
- ✓ El torque del motor es muy bajo.

- ✓ Es la motorización eléctrica más cara.
- ✓ El tiempo de vuelo es muy reducido.
- ✓ Nivel de pilotaje medio/alto.



### MOTORES SIN ESCOBILLAS

- ✓ Mantenimiento mínimo.
- ✓ Mayor durabilidad.
- ✓ Alta eficiencia.
- ✓ Alto rango de velocidad.

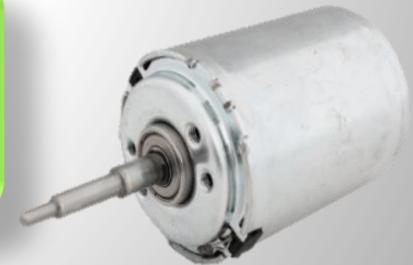
- ✓ Control complejo.
- ✓ Requiere un controlador.
- ✓ Ruido relativamente alto.



### MOTORES CON ESCOBILLAS

- ✓ Motor de bajo costo.
- ✓ Buena relación potencia – tamaño.

- ✓ Mantenimiento periódico.
- ✓ Menor durabilidad.
- ✓ Baja eficiencia.



**MOTORES EDF**

**MOTORES SIN ESCOBILLAS**

**MOTORES CON ESCOBILLAS**

**CRITERIO DE SELECCIÓN**

**PESO (0-1)**

**CALIFICACION 1-4**

**PONDERACION**

**CALIFICACION 1-4**

**PONDERACION**

**CALIFICACION 1-4**

**PONDERACION**

CRITERIO DE SELECCIÓN	PESO (0-1)	MOTORES EDF CALIFICACION 1-4	MOTORES EDF PONDERACION	MOTORES SIN ESCOBILLAS CALIFICACION 1-4	MOTORES SIN ESCOBILLAS PONDERACION	MOTORES CON ESCOBILLAS CALIFICACION 1-4	MOTORES CON ESCOBILLAS PONDERACION
TIEMPO DE VUELO	0,2	1	0,2	4	0,8	4	0,8
NIVEL DE PILOTAJE	0,1	1	0,1	3	0,3	4	0,4
RUIDO	0,2	2	0,4	4	0,8	2	0,4
PESO	0,15	4	0,6	4	0,6	3	0,45
COSTO	0,15	3	0,45	2	0,3	2	0,3
VIDA UTIL	0,2	2	0,4	2	0,4	3	0,6
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>2,15</b>		<b>3,2</b>		<b>2,95</b>



## 2.2 SELECCIÓN DE MOTORES SIN ESCOBILLAS

MOTOR	GARTT ML4112	TURNIGY D3548/4	EMAX XA2212
RPM(KV)	400	1100	1400
CORRIENTE MAX.	30 <sup>a</sup>	50A	30A
POTENCIA MAX.	530 W	910 W	250W
EMPUJE MAX.	2530 g.	2150 g.	930 g.
PESO	151 g.	159 g.	160g.
CELDAS BAT.	3s-6s	3s-6s	2s-6s



**CRITERIO DE SELECCIÓN**

**PESO (0-1)**

**GARTTML4112**

**CALIFICACION 1-4**

**PONDERACION**

**TURNIGY D3548/4**

**CALIFICACION 1-4**

**PONDERACION**

**EMAX XA2212**

**CALIFICACION 1-4**

**PONDERACION**

<b>VELOCIDAD</b>	<b>0,15</b>	<b>2</b>	<b>0,3</b>	<b>2</b>	<b>0,3</b>	<b>2</b>	<b>0,3</b>
<b>CONSUMO DE CORRIENTE</b>	<b>0,2</b>	<b>3</b>	<b>0,6</b>	<b>3</b>	<b>0,6</b>	<b>3</b>	<b>0,6</b>
<b>POTENCIA ENTREGADA</b>	<b>0,15</b>	<b>4</b>	<b>0,6</b>	<b>4</b>	<b>0,6</b>	<b>4</b>	<b>0,6</b>
<b>PESO</b>	<b>0,2</b>	<b>4</b>	<b>0,8</b>	<b>4</b>	<b>0,8</b>	<b>3</b>	<b>0,6</b>
<b>COSTO</b>	<b>0,1</b>	<b>3</b>	<b>0,3</b>	<b>2</b>	<b>0,2</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>
<b>VIDA UTIL</b>	<b>0,2</b>	<b>3</b>	<b>0,6</b>	<b>2</b>	<b>0,4</b>	<b>1</b>	<b>0,2</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>3,2</b>		<b>2,9</b>		<b>2,4</b>



## 2.3 SELECCIÓN DE CONTROLADORES DE VELOCIDAD (ESC)

ESC	ARRIS 30 A	RED BRICK 50A	HOBBYKING 40A
CORRIENTE CONTINUA	30 A	50 A	40A
CORRIENTE MÁXIMA	45 A	60 A	60A
CELDAS DE BATERÍA	2s-6s	2s-7s	2S-6S
MODO BEC	IN/OUT	IN/OUT	IN/OUT
SALIDA BEC	5V/3 <sup>a</sup>	5V/3A	5.5V/4A
PESO	25 g.	48g.	36g.





CRITERIO DE SELECCIÓN	ARRIS 30A		RED BRICK 50 <sup>a</sup>		HOBBYKING 40A		
	PESO (0-1)	CALIFICACION 1-4	PONDERACION	CALIFICACION 1-4	PONDERACION	CALIFICACION 1-4	PONDERACION
CORRIENTE CONTINUA	0,2	4	0,8	2	0,4	2	0,4
CORRIENTE MÁXIMA	0,2	4	0,8	3	0,6	2	0,4
CELDA DE BATERÍA	0,15	2	0,3	2	0,3	3	0,45
PESO	0,15	3	0,45	3	0,45	4	0,6
COSTO	0,1	3	0,3	2	0,2	3	0,3
VIDA UTIL	0,2	3	0,6	2	0,4	2	0,4
TOTAL	1		3,25		2,35		2,55



## 2.4 Estudio comparativo para selección de la hélice

HÉLICES	APC 1555	CYIOON 9450
LONGITUD	15 in.	9,4 in.
PASO	5.5 in	5 in
NÚMERO DE PALAS	2	3
MATERIAL	Fibra de carbono	Fibra de carbono
PESO	25 g.	20 g.



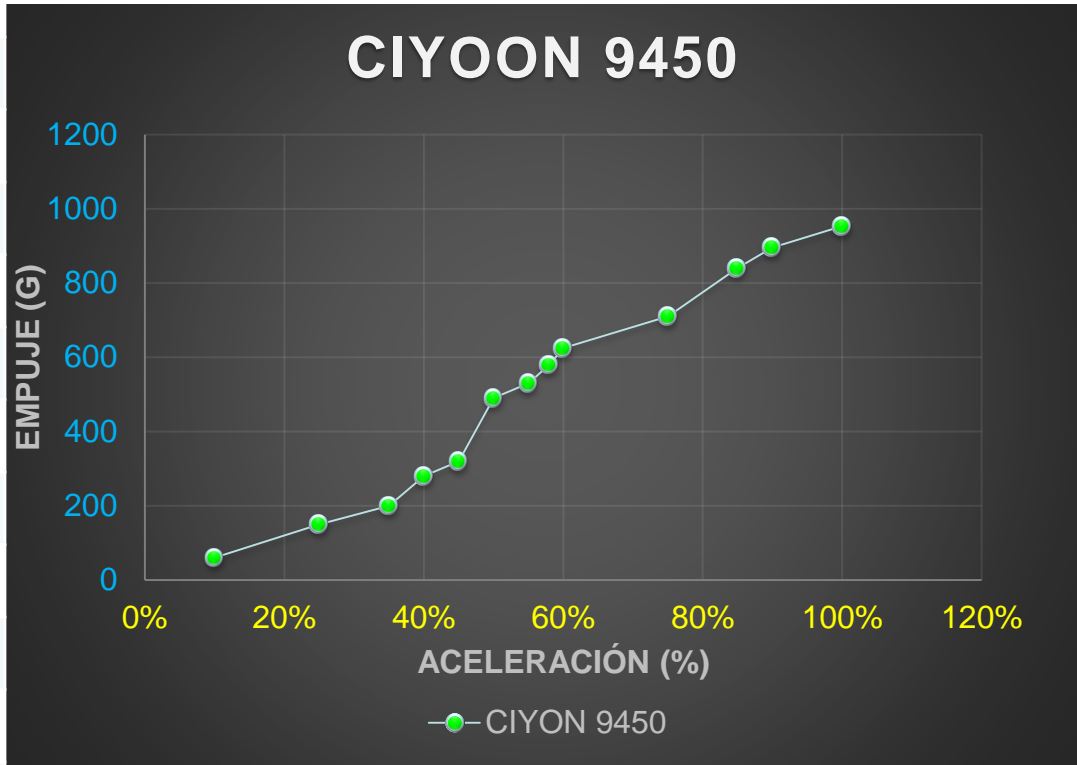
# 2.5.1 PRUEBAS DE EMPUJE DEL MOTOR GARTT ML4112 400KV CON LA HÉLICE APC 1555.

MOTOR	PWM	EMPUJE (g)
ML 4112 400 KV	10%	178
	25%	293
	35%	318
	40%	512
	45%	550
	50%	864
	55%	1217
	58%	1640
	60%	1850
	75%	2000
	85%	2310
	90%	2400
	100%	2450

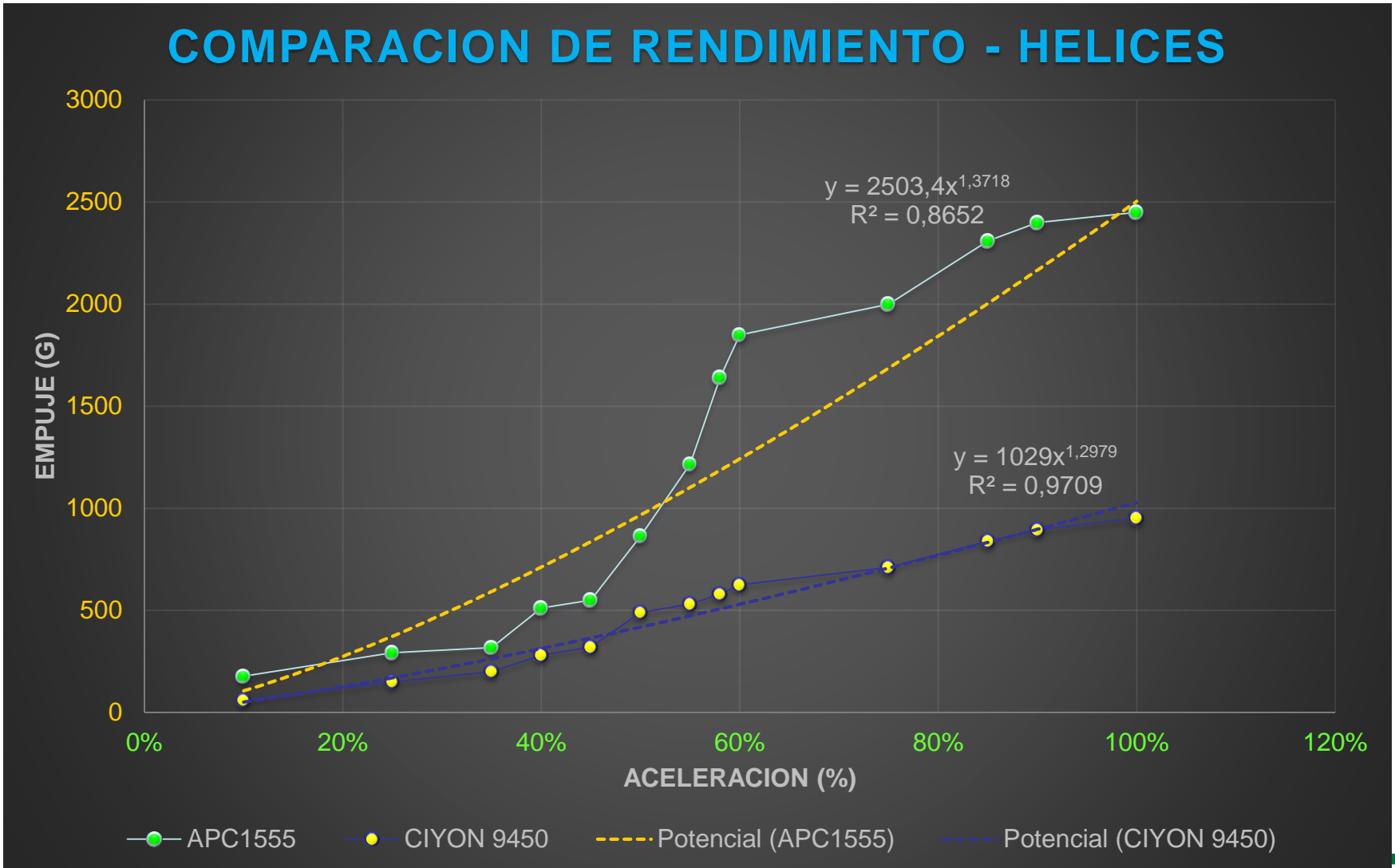


# 2.5.2 PRUEBAS DE EMPUJE DEL MOTOR GARTT ML4112 400KV CON LA HÉLICE CIYON 9450

MOTOR	ACELERACIÓN	EMPUJE (g)
<b>ML 4112 400 KV</b>	10%	60
	25%	150
	35%	200
	40%	280
	45%	320
	50%	490
	55%	530
	58%	580
	60%	625
	75%	710
	85%	840
	90%	895
	100%	953



# 2.6 COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO ENTRE HÉLICES APC 1555 Y CIYOON 9450.



## 2.7 SELECCIÓN DE LA BATERÍA PARA LA PLATAFORMA DRONE

Para obtener el consumo de corriente eléctrica de cada motor se utilizó el programa de internet Excalc. Donde demuestra que el consumo eléctrico de cada motor es de 8,36 A. Por los cuatro motores se necesita un consumo de corriente de 33,2 A. Sumando el 10% de consumo eléctrico por los demás componentes de la plataforma drone tenemos 36,52 A de consumo eléctrico total.

$$C = T_{dis} * I_{dis}^k = 0,25h * 36,52A = 9,13Ah$$

Realizado el cálculo se determina que la batería para al menos 15 minutos de vuelo debe ser de 10000mAh.



## 2.8 PRUEBAS DE VUELO DE LA PLATAFORMA DRONE

PARÁMETRO	EFICIENTE	ACEPTABLE	DEFICIENTE
ESTABILIDAD	✓		
EFICIENCIA		✓	
TIEMPO DE VUELO	✓		
SINCRONIZACIÓN	✓		
ALTURA ALCANZADA	✓		
DISTANCIA OPERATIVA		✓	
GENERACIÓN DE EMPUJE	✓		
CONSUMO DE CORRIENTE	✓		



## 2.8.1 RESTRICCIONES DE VUELO

**La Dirección de Aviación Civil del Ecuador en la resolución N°251/2015 resuelve en el artículo uno del artículo primero lo siguiente:**

**Art. 1 Operaciones en las cercanías de un aeródromo:**

**Se prohíbe la operación de las RPAS/UAS en espacios controlados.**

**La operación de las RPAS/UAS se mantendrá durante toda la duración del vuelo, a una distancia igual o mayor a 9 kilómetros (5M) de las proximidades de cualquier aeródromo o base aérea militar.**





### 3. CONCLUSIONES

- Se determinó que los motores sin escobillas de bajo KV tienen la capacidad de generar mayor torque, que velocidad, lo cual lo hace ideal para obtener gran empuje y elevar el peso deseado en la plataforma drone.
- La hélice bipala logra elevar el peso establecido para la plataforma drone, aunque aumenta el consumo de energía, no afecta al sistema, ya que está dentro de los parámetros recomendados por el fabricante de los motores.
- El sistema de empuje propuesto en este proyecto alcanza los parámetros deseados para la implementación en la plataforma drone perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.



# RECOMENDACIONES

Analizar los parámetros y funciones que va a cumplir el dispositivo, siendo esa la base para buscar información que ayude a elegir el sistema de navegación y sistema de empuje requerido

La plataforma drone puede volar correctamente con motores de bajo KV, si la estructura garantiza la resistencia necesaria para soportar la carga útil del drone, así como también las cargas que se originan en vuelo

Se debe tomar en cuenta las restricciones de vuelo cerca de aeropuertos como está tipificado en la resolución de la Dirección de Aviación Civil del Ecuador, ya que nos indica que no se puede volar la plataforma drone a un radio de 9 kilómetros de un aeródromo.



# GRACIAS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA