



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROYECTO TÉCNICO:**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO RADIO CONTROLADO  
PARA LA CATEGORÍA DE BATALLA 12 LIBRAS PARA LA UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**AUTORES:**

**CARLOS LUIS VÉLEZ TABOADA**

**TITO MIGUEL REYES UYAGUARI**

**TUTOR:**

**ING. VICTOR LARCO TORRES MSC.**

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**2022**

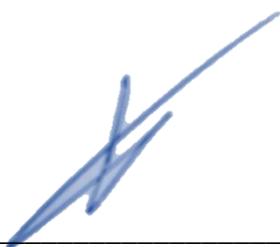
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Carlos Luis Vélez Taboada con documento de identificación N.º 0930225230 y Tito Miguel Reyes Uyaguari con documento de identificación N.º 0930261003, manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 25 de marzo del año 2022

Atentamente,



Carlos Luis Vélez Taboada

0930225230



Tito Miguel Reyes Uyaguari

0930261003

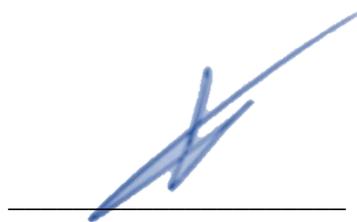
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Carlos Luis Vélez Taboada con documento de identificación No. 0930225230 y Tito Miguel Reyes Uyaguari con documento de identificación No. 0930261003, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico : “Diseño y construcción de un prototipo radio controlado para la categoría de batalla 12 libras para la Universidad Politécnica Salesiana”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de marzo del año 2022

Atentamente,



Carlos Luis Vélez Taboada

0930225230



Tito Miguel Reyes Uyaguari

0930261003

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Víctor David Larco Torres con documento de identificación N° 0923270136, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO RADIO CONTROLADO PARA LA CATEGORÍA DE BATALLA 12 LIBRAS PARA LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, realizado por Carlos Luis Vélez Taboada con documento de identificación N° 0930225230 y por Tito Miguel Reyes Uyaguari con documento de identificación N° 0930261003, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de marzo del año 2022

Atentamente,



---

Ing. Víctor David Larco Torres, MSc.

0923270136

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación se dedica para mi familia que sea ha mostrado en el apoyo en todo este tiempo, para mis compañeros por mostrar cada apoyo en todo el semestre y para la Universidad que ha brindado mucho aprendizaje y esfuerzo para realizar proyectos sobre la carrera. También una dedicatoria especial para todos mis seres amados que en esta situación difícil de pandemia han fallecido y no pudieron estar conmigo en este trabajo de titulación, pero sé que desde el cielo me acompañarán siempre y que Dios los tenga en su Santa Gloria.

Carlos Vélez Taboada

Dedico este proyecto a Dios por permitirme llegar hasta estas instancias, agradezco infinitamente a mi familia y seres queridos que en todo momento me ayudaron en todo aspecto, a mis ilustres docentes que siempre dieron todos sus conocimientos en arcas de mi aprendizaje, a mis compañeros por su apoyo interminable en diversos proyectos e inconmensurable esfuerzo. A todos los que pasaron en este largo camino les agradezco infinitamente.

Tito Reyes Uyaguari

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, a Dios que me ha guiado y bendecido por ser una persona de buenos términos y de fortaleza fuertes, a mi familia que sobre todas las cosas ha estado pendiente en mi carrera y en mi salud, ayudándome a seguir adelante con mi trabajo y estudios también para mis compañeros y amigos de la Universidad que me han apoyado en todo el tiempo y ahora en esta situación que se vive de la pandemia agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por seguir brindando servicios de aprendizajes a los alumnos para que puedan seguir con la carrera y seguir adelante, sobre todo.

Y por supuesto a los docentes con quienes he trabajado en esta carrera, dándonos mucho entusiasmo y empeño con sus enseñanzas y que Dios le siga dando mucha vida, armonía, salud para ellos y sus familiares.

Carlos Vélez Taboada

Quisiera hacer mención honorífica a mi querida universidad que me dio la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que he tenido son innumerables, pese a todas las circunstancias adversas de los últimos años por pandemia, siempre han innovado y dado el mejor de los esfuerzos por brindarnos una educación de exigencia. Agradezco a todas las personas que hicieron esto posible, al apoyo de mis compañeros, a la perseverancia de mis padres al apoyarme y brindarme fortaleza en algún momento de flaqueo. Agradezco a Dios por brindarme salud, bienestar y muchas bendiciones.

Tito Reyes Uyaguari

## RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	TUTOR DEL PROYECTO	TEMA DEL PROYECTO
2022	Vélez Taboada, Carlos Luis.  Reyes Uyaguari, Tito Miguel	Ing. Víctor David Larco Torres MSc.	“DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO RADIO CONTROLADO PARA LA CATEGORÍA DE BATALLA DE ROBOTS DE 12 LIBRAS PARA LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”.

El proyecto de titulación basado en investigaciones internas de la universidad, es fortalecer los conocimientos adquiridos de diversas materias tales como la parte mecánica, control y electrónica. Emplear nuevas tecnologías de batallas, construcción de prototipos de diseños únicos, con la novedad del uso de motores con tecnología brushless la cual aporta una buena regulación de velocidad y sentido de giro. Además de las implementaciones como el arma que es rotativa de altas revoluciones, también de escudos frontales de acero y de elementos electrónicos que van a soportar la carga en relación al tiempo de funcionamiento del prototipo. La parte Electrónica involucra conexiones eléctricas de corrientes, voltajes y amperajes de acuerdo a la eficiencia de cada material en uso al prototipo, como los ESC que es un circuito electrónico en función de envío de señal hacia los motores brushless que funcionan como actuador desarrollado en la programación de los ESC. El diseño del prototipo está formado por etapa y materiales formado para su implementación: como formas, espesor, materiales de la placa, materiales del arma y peso adecuado para su estructura. Se basa en las competencias de diseños y conocimientos de funciones como base e implementaciones de arma, procediendo a la seguridad del usuario final. La implementación de manera segura y con buenos argumentos de aprendizaje, es detallar las piezas con su espacio respectivo tanto como batería lipo que son baterías de excelente conexión de alimentación con ciclos de carga eficientes y duraderas para su consumo en las competencias. Su salida de señal mediante por PWM (modulación por ancho de pulso) controlada por un radio control de alta ganancia y frecuencia de espacio, mediante una tarjeta interna del mix para su función de señales de movimiento configurada con programación de velocidad y potencia que otorgará al prototipo buena puesta de tracción y adherencia para su competencia. Su objetivo principal es vencer a los contrincantes en un espacio con seguridad demostrando la creación, ejecución del prototipo y el piloto del mismo.

## ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	PROJECT TUTOR	PROJECT THEME
2022	Vélez Taboada, Carlos Luis.  Reyes Uyaguari, Tito Miguel	Ing. Víctor David Larco Torres MSc.	"DESIGN AND CONSTRUCTION OF A CONTROLLED RADIO PROTOTYPE FOR THE BATTLE CATEGORY OF 12 POUND ROBOTS FOR THE SALESIAN POLYTECHNICAL UNIVERSITY"

The degree project based on internal research of the university, is to strengthen the knowledge acquired from various subjects such as the mechanical part, control and electronics.

Employ new battle technologies, construction of prototypes of unique designs, with the novelty of the use of motors with brushless technology which provides good regulation of speed and direction of rotation. In addition to implementations such as the weapon that is rotating at high revolutions, also steel frontal shields and electronic elements that will support the load in relation to the prototype's operating time.

The Electronic part involves electrical connections of currents, voltages and amperages according to the efficiency of each material in use to the prototype, such as the ESC, which is an electronic circuit based on sending a signal to the brushless motors that work as an actuator developed in the ESC programming. The prototype design is formed by stage and materials formed for its implementation: such as shapes, thickness, plate materials, weapon materials and adequate weight for its structure. It is based on the skills of designs and knowledge of functions such as base and weapon implementations, proceeding to the safety of the end user. The implementation in a safe way and with good learning arguments, is to detail the pieces with their respective space as well as a lipo battery, which are batteries with an excellent power connection with efficient and long-lasting charging cycles for consumption in competitions. Its signal output through PWM (pulse width modulation) controlled by a radio control with high gain and space frequency, through an internal mix card for its function of movement signals configured with speed and power programming that will grant the prototype good set of traction and grip for its competition. Its main objective is to beat the opponents in a space safely demonstrating the creation, execution of the prototype and its pilot.

## ÍNDICE

<b>CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....</b>	<b>II</b>
<b>CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....</b>	<b>III</b>
<b>CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>1. EL PROBLEMA .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Problema de Estudio. ....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Antecedentes.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 Importancia y alcance. ....</b>	<b>12</b>
<b>1.4 Beneficiarios. ....</b>	<b>13</b>
<b>1.5 Delimitación del Problema.....</b>	<b>13</b>
<b>1.5.1 Delimitación espacial.....</b>	<b>13</b>
<b>1.5.2. Delimitación Temporal.....</b>	<b>14</b>
<b>1.5.3. Delimitación Académica.....</b>	<b>14</b>
<b>1.6 Objetivos. ....</b>	<b>15</b>
<b>1.6.1 Objetivo General.....</b>	<b>15</b>
<b>1.6.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Robot Teleoperado.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Antecedentes Robótica: Concepto y componentes. ....</b>	<b>17</b>
<b>2.3. Motores brushless .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1. Características de los motores brushless .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.2. Funcionamiento .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4. Motorreductor .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.1. Características .....</b>	<b>21</b>

<b>2.4.2. Funcionamiento .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5. ESC'S.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.1 Señal de salida PWM .....</b>	<b>22</b>
<b>2.6 Componentes y Función.....</b>	<b>25</b>
<b>2.6.1. Motores Brushless del sistema de tracción .....</b>	<b>25</b>
<b>2.6.2. Motorreductores del sistema de tracción.....</b>	<b>26</b>
<b>2.6.3. Motor brushless de arma.....</b>	<b>27</b>
<b>2.6.4. Radiocontrol Flysky .....</b>	<b>28</b>
<b>2.6.5. Batería lipo tracción.....</b>	<b>29</b>
<b>2.6.6. Batería lipo arma .....</b>	<b>30</b>
<b>2.6.7. Batería del sistema de control.....</b>	<b>31</b>
<b>2.6.8. Interruptor .....</b>	<b>33</b>
<b>2.6.9. Ruedas banebots .....</b>	<b>35</b>
<b>2.6.10. ESC T-Motor F45A -32bit 3-6S .....</b>	<b>37</b>
<b>2.6.11. ESC 60A HGLRC .....</b>	<b>39</b>
<b>3. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1. Requerimientos del usuario final.....</b>	<b>40</b>
<b>3.2. Alternativas de solución a los requerimientos .....</b>	<b>40</b>
<b>3.3. Comparación de los componentes.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.1 Esc's 45 A para motores brushless del sistema de tracción. ....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.1 Esc's 60 A para motor brushless del arma. ....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.2 Autonomía mayor a 15 minutos continuos .....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.3 Fuente de alimentación del prototipo recargable.....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.4 Control a distancia .....</b>	<b>42</b>
<b>3.4. Diseño de piezas.....</b>	<b>43</b>
<b>3.5. Ensamblaje.....</b>	<b>44</b>
<b>3.6. Conexión eléctrica tracción .....</b>	<b>47</b>
<b>3.7. Conexión eléctrica arma.....</b>	<b>48</b>
<b>3.7.1 Arma .....</b>	<b>49</b>
<b>3.8. Conexión eléctrica del receptor.....</b>	<b>50</b>
<b>3.9. Conexión eléctrica de las señales del receptor .....</b>	<b>50</b>
<b>3.10. Escudos.....</b>	<b>51</b>

<b>3.11. Ruedas banebots .....</b>	<b>52</b>
<b>3.12. Parantes .....</b>	<b>53</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
<b>4.1 Pruebas de recomendaciones.....</b>	<b>55</b>
<b>4.2. Pruebas operacionales.....</b>	<b>56</b>
<b>4.3. Pruebas de movimiento .....</b>	<b>56</b>
<b>4.4. Pruebas de temperatura.....</b>	<b>58</b>
<b>4.5. Presupuesto .....</b>	<b>59</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>66</b>
<b>8.1 Manual de instrucciones del control remoto. ....</b>	<b>66</b>
<b>Anexo1. Precauciones del uso del control.....</b>	<b>66</b>
<b>Anexo2. Vista delantera y trasera del radiocontrol Flysky. ....</b>	<b>67</b>
<b>Anexo3. Operaciones básicas e información de la operación de transmisión. ....</b>	<b>68</b>
<b>Anexo4. Elementos contenidos en el paquete del radiocontrol. ....</b>	<b>69</b>
<b>Anexo5. Especificaciones del control de trasmisión y recepción del sistema. ....</b>	<b>70</b>
<b>8.2 Planos de piezas reemplazables .....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo6. Pieza de eje 12 lb.....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo7. Pieza de escudo.....</b>	<b>72</b>
<b>Anexo8. Pieza de polea 12 lb .....</b>	<b>73</b>
<b>Anexo9. Pieza de polea motor 12 lv.....</b>	<b>74</b>
<b>Anexo10. Pieza acople arma 12 lb.....</b>	<b>75</b>
<b>Anexo11. Pieza de tapa .....</b>	<b>76</b>
<b>Anexo12. Pieza estructura tpu.....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Ciudadela La Joya, etapa Ámbar mz8 vll24. ....</b>	<b>13</b>
---	-----------

<b>Figura 2. Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. ....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 3. Vista del laboratorio de Telerobots dirigido. ....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 4. Un “brazo de serpiente” utilizado para el acceso diestro inspección. ....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 5. Robot de sierra en una batalla de competencias. ....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 6. Robot de batalla 1 lb pequeño TOMBSTONE. ....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 7. Motor brushless y sus partes. ....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 8. Conexión estrella y delta un motor brushless. ....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 9. Diagrama de un motor brushless. ....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 10. Brushless acoplado a caja reductora. ....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 11. Circuito interno de un ESC. ....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 12. Señales de PWM de bajo y alto pico de voltaje. ....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 13. Periodo de tiempo a cada intervalo de menor a mayor potencia. ....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 14. Motor brushless conectado a las terminales a un ESC. ....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 15. Motor brushless tracción. ....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 16. Dimensión completa del motor brushless SII-2212. ....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 17. Caja reductora tracción. ....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 18. Caja reductora modelado en 3D ....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 19. Motor brushless arma. ....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 20. Dimensión completa del motor brushless HK-3020. ....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 21. Radiocontrol flysky. ....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 22. Receptor con canales de transmisión y alimentación. ....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 23. Batería lipo 4s 850 mAh. ....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 24. Batería Lipo 6s 1300 mAh. ....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 25. Batería lipo 2S 370 mAh. ....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 26. Parámetros que contiene las baterías lipos. ....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 27. Interruptor fingertech. ....</b>	<b>34</b>

<b>Figura 31. Rueda banebot. ....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 32. Modelamiento de la rueda banebot en vista isométrica. ....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 35. Vista frontal ESC T-Motor F45A. ....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 36. Vista trasera ESC T-Motor F45A. ....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 37. Vista frontal ESC 60A HGLRC. ....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 38. Vista Trasera ESC 60A HGLRC. ....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 39. Interfaz de diseño ....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 40. Estructura interna.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 41. Diseño de patas para su posterior corte en acero. ....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 42. Diseño de escudos para su posterior corte en acero. ....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 43. Tubos de acero inox 304.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 44. Tapa superior.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 45. Tapa Inferior acoplados con los tornillos M6. ....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 46. Tapa inferior acoplado con el arma de centro y los parantes. ....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 47. Visión posterior de parantes.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 48. Conexión de terminales del motor de tracción con el ESC de 45A.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 49. Conexión de alimentación a la batería lipo 4S – 850 mAh. ....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 50. Conexión de alimentación a la batería lipo 6S – 1300mAh. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 51. Motor brushless acoplado con 3 bandas de aluminio para el arma. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 52. Visualización del arma en funcionamiento con el motor brushless.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 53. Conexión de receptor del radiocontrol a las señales de pines a cada ESC. .</b>	<b>51</b>
<b>Figura 54. Vista izquierda escudo. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 55. Vista derecha escudo.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 56. Vista frontal de las ruedas banebots.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 57. Vista trasera de las cuatro ruedas banebots. ....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 58. Vista del prototipo volteado.....</b>	<b>54</b>

<b>Figura 59. Revisiones de conexiones internas y piezas. ....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 60. Equilibrio de velocidades de los motores brushless. ....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 61. Verificación del prototipo para su uso de prueba. ....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 62. Prueba operacional desde un punto inicial de visualización. ....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 63. Prueba operacional desde un punto inicial de visualización ....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 64. Temperatura previa al Funcionamiento. ....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 65. Temperatura Después de la prueba de Funcionamiento. ....</b>	<b>59</b>

### **TABLAS**

<b>Tabla 1. Datos y características del motor scorpion SII-2212-1850. ....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 2. Diferentes voltajes de baterías lipos con sus respectivas celdas. ....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 3. Requerimientos del usuario final.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 4. Alternativas de solución a los requerimientos.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 5. Detalles y precios de cada componente utilizado en el proyecto técnico. ....</b>	<b>59</b>

### **DIAGRAMAS**

<b>Diagrama 1. Conexiones del motor brushless hacia los ESC's y su alimentación en conexión paralelo a la batería lipo 4s. ....</b>	<b>48</b>
<b>Diagrama 2. Conexiones del motor brushless hacia el ESC y su alimentación a la batería lipo.....</b>	<b>49</b>
<b>Diagrama 3. Conexión del receptor del radiocontrol a los canales respectivos de los ESC's y su alimentación en la batería lipo .....</b>	<b>51</b>

## INTRODUCCIÓN

El proyecto de titulación es diseñar e implementar un prototipo de radio controlado para la categoría de batalla de robots para el Club de Robótica en la Universidad Politécnica Salesiana, lo cual presenta la nueva tecnología y sistema en la Universidad para sus conocimientos y aprendizajes en la Carrera de la Ingeniería. El objetivo principal es vencer a los contrincantes de una batalla de la categoría 12 libras en un espacio con seguridad demostrando la creación, ejecución del prototipo y el piloto del mismo.

Este prototipo no usa ninguna programación salvo en el control remoto para maniobrar y equilibrar las velocidades y potencia del robot, además de utilizar la nueva tecnología de los motores brushless contando su máxima eficiencia, control óptimo, menos peso y tamaño compacto. Tiene una particularidad de una tracción que, al momento de desempeñarse en batalla con el prototipo en acción, se tendrá una velocidad y torque extremadamente sobredimensionado en consecuencias a sus rivales en la categoría 12 libras.

La finalidad de este proyecto de titulación es contribuir con un diseño de prototipo, emplear procesos tecnológicos usando nuevas técnicas de construcción y aplicando nuevos cálculos de dimensionamiento con la tecnología actual específicamente en el campo de la electrónica y mecánica.

## **1. EL PROBLEMA**

### **1.1 Problema de Estudio.**

En base a la carencia de prototipos de batalla en la categoría de 12 libras para la representación nacional e internacional de la Universidad en competencias de robótica que se ponen a prueba las instituciones midiendo el nivel de Ingeniería aplicada en los distintos prototipos.

El campo en que se desenvuelve el área de robótica de la Carrera de Ingeniería Electrónica es el diseño y armado de prototipos robóticos en la categoría de 1 libra y 3 libras que relativamente son económicos. Por otro lado, un campo poco explorado por una alta inversión de recursos económicos y el grado de dificultad es en la categoría 12 libras.

### **1.2 Antecedentes.**

El Club de Robótica en la actualidad cuenta con robots de batallas que compiten en la categoría de 3 y 4 libras, pero no de la categoría de 12 libras. Se quiere dejar una referencia de partida para el estudio e investigación de este campo para el Club de Robótica. La novedad es el uso de tecnología brushless la cual se aporta una buena regulación de velocidad y sentido de giro.

### **1.3 Importancia y alcance.**

Es importante obtener información y conocimiento sobre este proyecto que para efectuar la disponibilidad y aumentar mejor la calidad del campo electrónico, se basa en las participaciones de las competencias del Club de Robótica.

Fortalecer los conocimientos adquiridos de diversas áreas tales como la parte mecánica, control y electrónica.

## 1.4 Beneficiarios.

Este beneficio del prototipo de la Universidad Politécnica Salesiana es a base al incremento de prototipos en distintas universidades del país, que se ha visto la necesidad de producir este proyecto para la Universidad para que pueda representar nacional e internacionalmente al Club y a la Sede. El beneficio también otorga a los estudiantes del Club de Robótica UPS-G, estudiantes de las Carreras de Ingeniería Electrónica, Eléctrica e Industrial; para el desarrollo de distintos prototipos con una base física y documentado de un prototipo de 12 libras.

## 1.5 Delimitación del Problema.

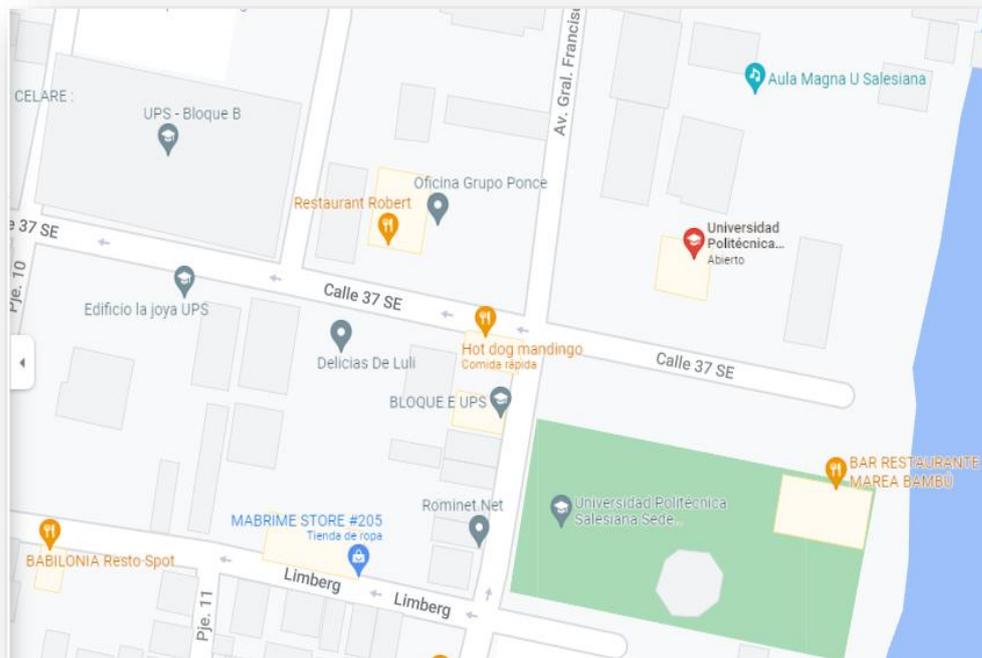
### 1.5.1 Delimitación espacial.

El proyecto inició en los sectores de la ciudad de Guayaquil – Ecuador, por la llegada de la pandemia no se pudo realizar en un lugar apto para el proyecto. Se puede observar el lugar donde se realizó el proyecto en la Ciudadela La Joya, etapa Ámbar mz8 vll24 en la figura 1.



**Figura 1.** Ciudadela La Joya, etapa Ámbar mz8 vll24. [1]

Ahora que la Universidad ha brindado el espacio a los estudiantes como laboratorios, Se puede observar el proyecto que fue finalizado en la Universidad Politécnica Salesiana en la figura 2.



**Figura 2.** Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. [2]

### **1.5.2. Delimitación Temporal.**

El proyecto fue diseñado e implementado en un periodo de 5 meses entre octubre y marzo del 2022.

### **1.5.3. Delimitación Académica.**

El proyecto de titulación cumple con los requisitos otorgados por la Universidad Politécnica Salesiana aplicando los conocimientos tanto teóricos como prácticos, mediante el tiempo de aprendizaje en la Universidad con los desarrollos que han sido puestos en práctica en la Carrera de Ingeniería Electrónica tanto investigativo hacia el Club de Robótica para la culminación del proyecto.

## **1.6 Objetivos.**

### **1.6.1 Objetivo General.**

Diseñar y construir un prototipo de radio controlado para la categoría de batalla de robots de 12 libras, usando tecnología brushless en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

### **1.6.2 Objetivos específicos.**

- Diseñar el sistema eléctrico de robot de 12 libras.
- Dimensionar los elementos electrónicos que van a soportar la carga en relación al tiempo de funcionamiento del prototipo.
- Realizar pruebas de tracción y arma en forma radio controlada.
- Realizar el tipo de arma rotatoria de altas revoluciones.
- Implementación de escudos frontales de acero.
- Programación del control de comunicación hardware y software.

## 2. MARCO TEÓRICO.

### 2.1. Robot Teleoperado

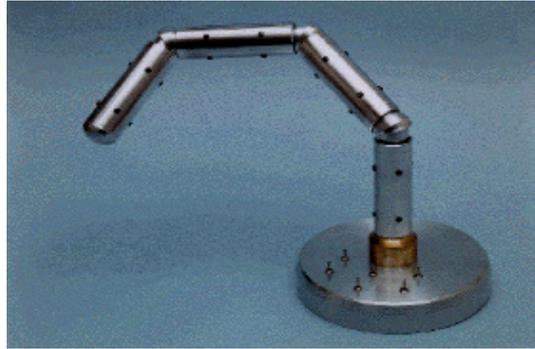
En el diseño de telerobots, se desarrollan y aplican tecnologías para la operación direccional de telerobots en el espacio y en aplicaciones terrestres. El telerobot opera en una ubicación utilizando dispositivos de entrada, como pantallas gráficas, ayuda de planificación para guiar la ejecución de una tarea a una ubicación remota mediante la forma de usar el sistema de control remoto. Las áreas de investigación y desarrollo actuales incluyen:

- Control de manipuladores y robots móviles.
- Arquitectura de tele robótica remota.
- Procesamiento, integración y fusión de sistemas sensoriales.
- Tareas interactivas para planificar y realizar.
- Visualización gráfica de imágenes superpuestas.
- Sensor multiplicador de botón de equilibrio
- Controla la micro mecánica para desplegar herramientas.

Como se puede observar la figura 3 y figura 4 de ejemplos de Telerobots de servicios.



**Figura 3.** Vista del laboratorio de Telerobots dirigido. [3]



**Figura 4.** Un “brazo de serpiente” utilizado para el acceso diestro durante una inspección. [4]

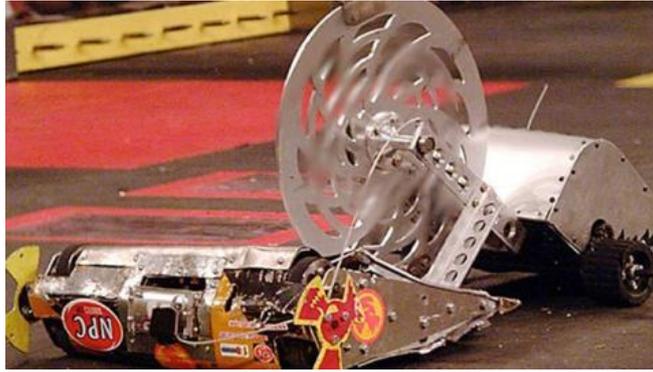
## **2.2. Antecedentes Robótica: Concepto y componentes.**

La robótica es la ciencia y la tecnología para diseñar y construir máquinas capaces de imitar las tareas humanas, replicando la inteligencia. Los robots, gracias a los avances actuales, han dado un salto conceptual de la ciencia ficción a la ciencia tecnología. Los últimos avances en tecnología robótica han permitido implementarlos en cualquier lugar de trabajo. Se trata de una contienda muy arriesgada controlada por un dispositivo de transmisión (radio controlado) capaz de:

- Coaccionar
- Destruir
- Inteligencia, estrategia.
- Velocidad y fuerza contra el oponente mediante armas de combate como martillos, sierras y otras.

Su principal objetivo es vencer a la competencia en un espacio seguro demostrando su creación, ejecución y prueba de los robots. [4]

Como se puede observar con más detalles en la figura 5 un robot de sierra y en la figura 6 un robot de 1 libra TOMBSTONE.



**Figura 5.** Robot de sierra en una batalla de competencias. [5]

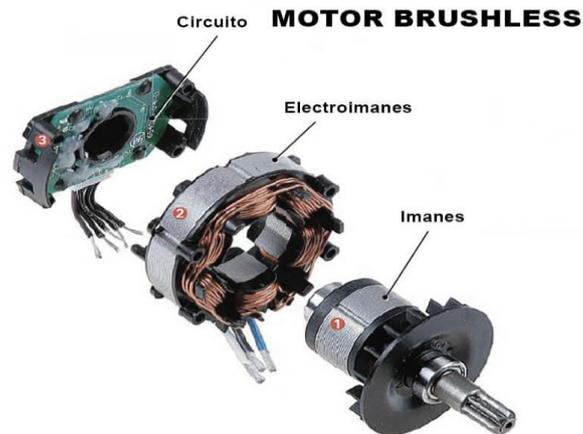


**Figura 6.** Robot de batalla 1 lb pequeño TOMBSTONE. [6]

### **2.3. Motores brushless**

Los motores sin escobillas, los motores asíncronos automáticos o los motores sin escobillas son motores eléctricos que no cuentan con escobilla ni sistema de conmutación mecánica, lo que requiere una tarjeta electrónica de control clave para su funcionamiento y ajuste (sentido de giro, velocidad). [7]

Como se puede observar con más detalles las partes del motor brushless en la figura 7.



**Figura 7.** Motor brushless y sus partes. [7]

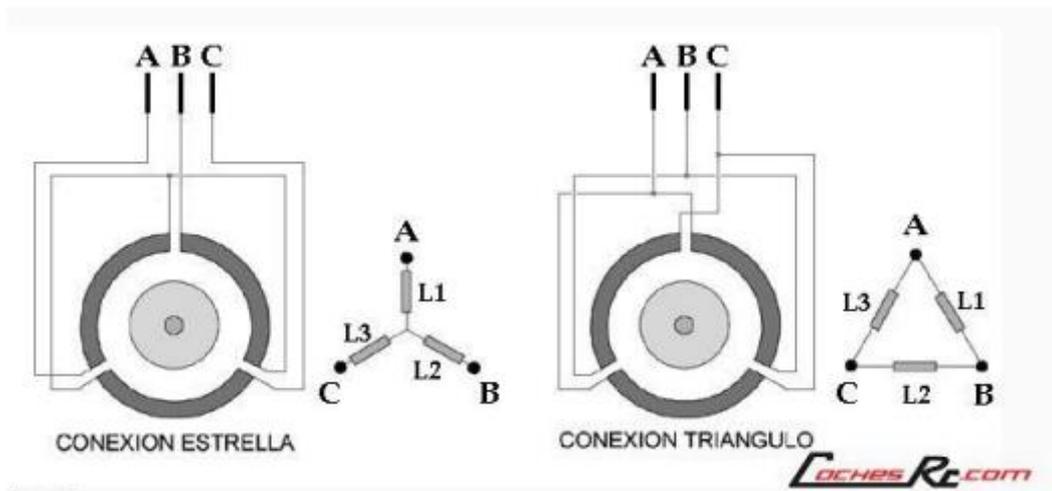
### **2.3.1. Características de los motores brushless**

- Máxima eficiencia.
- Control Óptimo.
- Tamaño compacto.
- Menos peso.
- Funcionamiento silencioso.
- Estanqueidad. [9]

### **2.3.2. Funcionamiento**

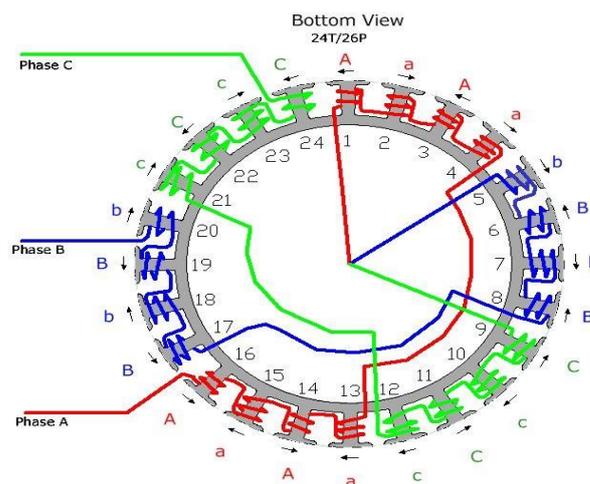
La mayoría de estos motores constan de tres devanados L1, L2 y L3 conectados entre sí, formando una conexión en estrella o triángulo (dependiendo del tipo de motor) dando como resultado tres puntos de conexiones, que son tres cables A, B y C que se transportan desde el motor a la unidad. [10]

Como se puede observar con más detalle las conexiones de funcionamiento del motor brushless en la figura 8.



**Figura 8.** Conexión estrella y delta un motor brushless. [10]

Como se puede observar en la figura 9 el diagrama con sus respectivas fases de un motor brushless.



**Figura 9.** Diagrama de un motor brushless. [11]

## 2.4. Motorreductor

Una máquina muy compacta que combina un reductor y un motor se llama motorreductor. Se combinan en una sola pieza y reducen automáticamente la velocidad de un grupo. Actualmente, el desarrollo de este sistema de mitigación ha mejorado y las principales industrias lo utilizan en sus procesos.

### 2.4.1. Características

- Se trata de la fuerza que acciona al equipo para que este gire a una velocidad determinada.
- Sus unidades de medida son kilogramos, metros o libras, pies, chips, entre otras. Cuando este primer elemento alcanza un cierto tiempo de ejecución del torno, se denomina potencia del motorreductor.

### 2.4.2. Funcionamiento

Básicamente, el motorreductor trabaja para reducir la velocidad de la máquina. Cuando hay más de estos que el dispositivo que desea mover, la solución es un dispositivo lento. La particularidad de estos modelos es que cuentan con motores que permiten la desaceleración.

Podemos resumir sus funciones en una variación de velocidad y par. [12]

Como se puede observar en la figura 10 un motorreductor acoplado a un motor brushless.



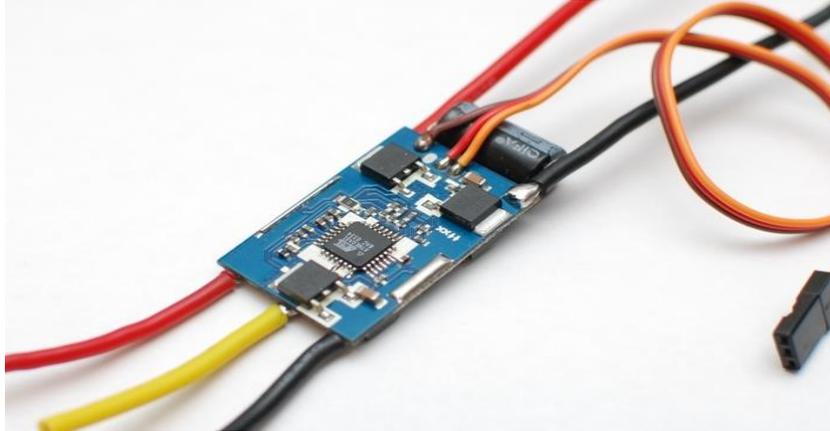
**Figura 10.** Brushless acoplado a caja reductora. [13]

## 2.5. ESC'S

Es un circuito electrónico que controla y regula la velocidad de un motor eléctrico. También puede proporcionar un frenado dinámico y en reversa del motor. Los reguladores electrónicos

en miniatura se utilizan en modelos controlados por radio. Los vehículos eléctricos grandes también tienen un sistema para controlar la velocidad del motor de accionamiento. [14]

Como se puede observar un circuito interno de un ESC en la figura 11.

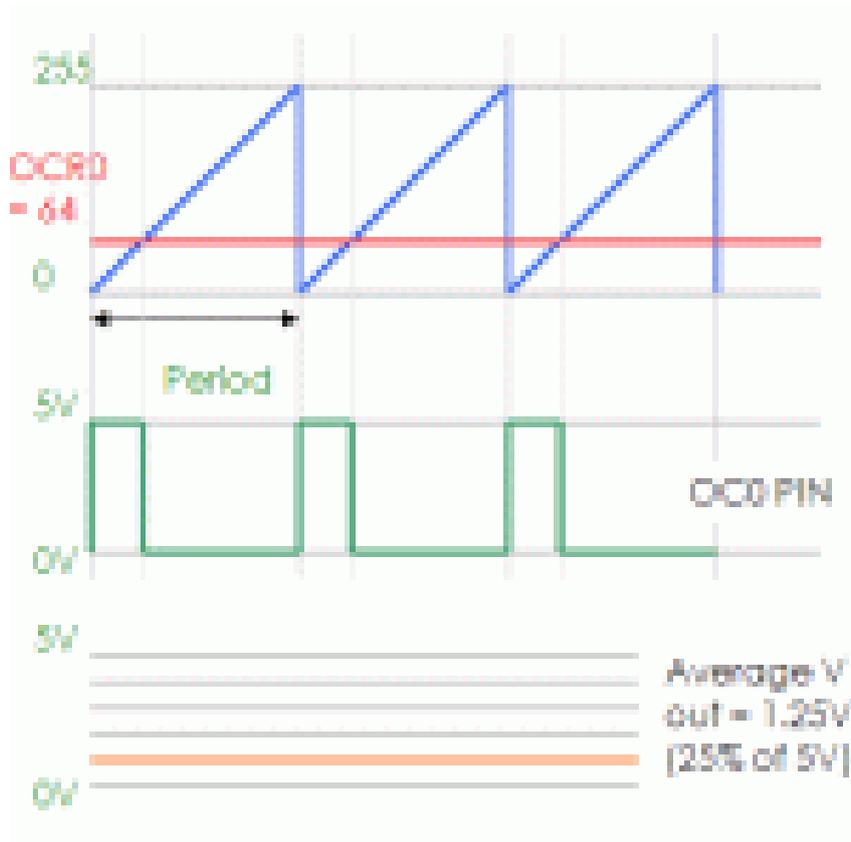


**Figura 11.** Circuito interno de un ESC. [15]

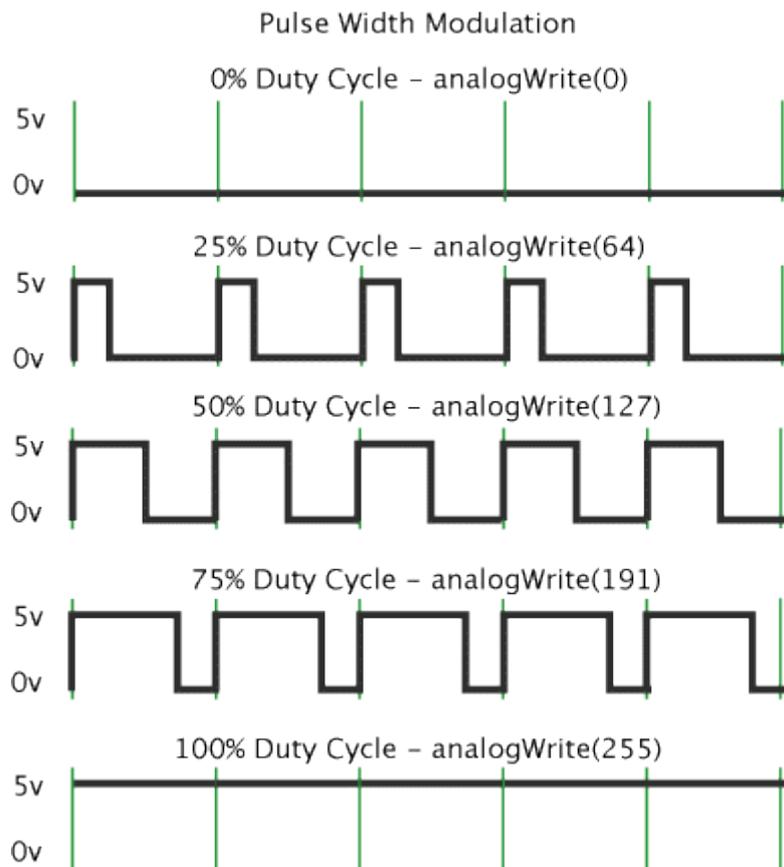
### **2.5.1 Señal de salida PWM**

La modulación de ancho de pulso (PWM) es una forma muy eficaz de regular la cantidad de potencia intermedia entre la potencia máxima y cuando la máquina está apagada. Las fuentes de alimentación con interruptores simples proporcionan energía solo cuando están encendidas. PWM es una técnica relativamente nueva que se ha implementado mediante interruptores electrónicos de potencia modernos. Una de las aplicaciones típicas de PWM: control de velocidad en motores eléctricos. [16]

Como se puede observar las señales de bajo y alto pico de voltaje en la figura 12 y el periodo del tiempo en la figura 13 y el motor brushless adaptado en un motorreductor en la figura 14.



**Figura 12.** Señales de PWM de bajo y alto pico de voltaje. [16]



**Figura 13.** Periodo de tiempo a cada intervalo de menor a mayor potencia. [16]



**Figura 14.** Motor brushless conectado a las terminales a un ESC. [17]

## 2.6 Componentes y Función

### 2.6.1. Motores Brushless del sistema de tracción

Los motores sin escobillas de la serie Scorpion Competition están fabricados con los mejores materiales disponibles, comenzando con piezas de aleación de aluminio de alta calidad, los estatores están hechos de chapa de metal de 0,2 mm para una máxima eficiencia y mínima pérdida de corrientes, recubiertos con epoxi para evitar cortocircuitos. Los imanes utilizados en Scorpion Motors están diseñados a medida para soportar temperaturas de hasta 200 ° C (392 ° F). [18]

Como se puede apreciar el motor brushless de tracción en la figura 15, los datos del motor en la tabla 1 y su dimensión completa en la figura 16.

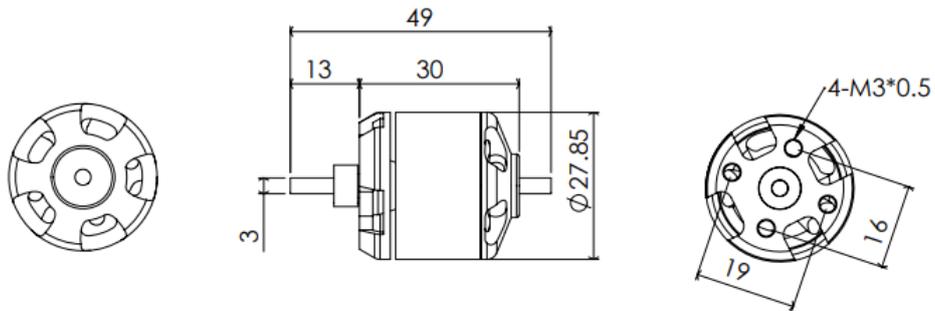


**Figura 15.** Motor brushless tracción. [18]

Datos de la hélice del motor Scorpion SII-2212-1850					
Motor Eólico 11 – Giro delta	Motor Kv 1850 RPM/Volt	Corriente sin carga $I_o = 1.31$ Amperios @ 10v	Resistencia del motor $R_m = 0.032$ Ohms	Corriente Max 22 Amperios	Potencia Max (3S) 230 Watts
Fuera de diámetro 27.9 mm, 1.098 in.	Cuerpo de diámetro 23.0 mm, 1.181 in	Longitud total 49.0 mm, 1.929 in.	Longitud del diámetro 2.98 mm, 0.117 in.	Peso del motor 58.0 gm, 20.05 oz	

**Tabla 1.** Datos y características del motor scorpion SII-2212-1850. [18]

## SII-2212 motor ASM

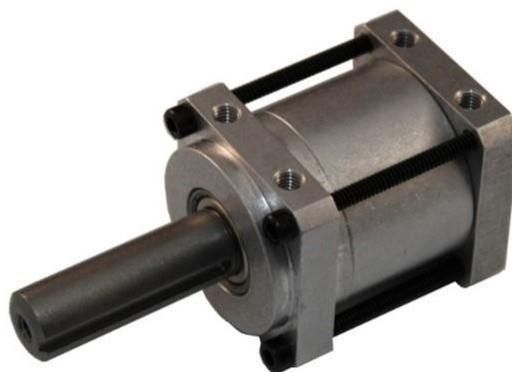


**Figura 16.** Dimensión completa del motor brushless SII-2212. [18]

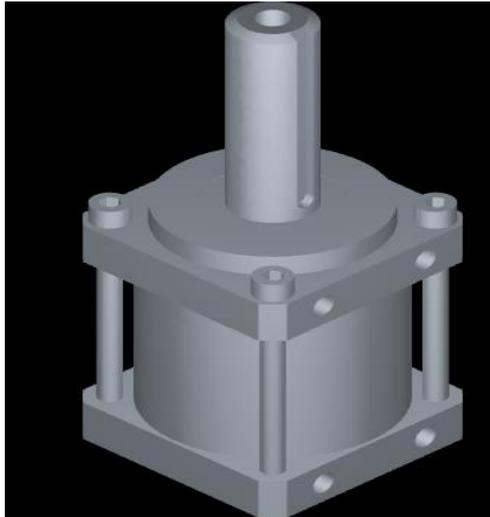
### 2.6.2. Motorreductores del sistema de tracción

Caja de cambios P6S de servicio estándar con relación de reducción de 16: 1. Configurada con eje de salida redondo de 1 1/2 ". Longitud x 1/2, bloque frontal cuadrado estándar, corona dentada de aluminio 202 reversible y juego de entrada seleccionable. [19]

Se puede observar la caja reductora en la figura 17 y modelamiento en 3D visión isométrica en la figura 18.



**Figura 17.** Caja reductora tracción. [19]



**Figura 18.** Caja reductora modelado en 3D. [19]

### **2.6.3. Motor brushless de arma**

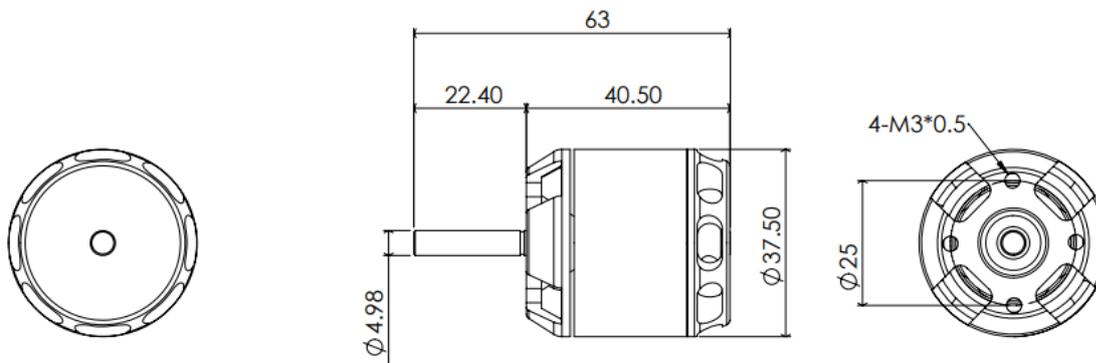
Los motores de la serie Scorpion HK-30 están diseñados para brindar máxima potencia mientras mantienen un excelente rendimiento y características de funcionamiento en frío. Tiene las mismas características que los motores brushless del sistema de tracción, lo diferencia es la máxima resistencia para su actuador de velocidad variable con tubos termo retráctiles (excelente aislante que se contrae al 70% cuando se expone a una fuente de calor). [20]

Como se puede observar en la figura 19 el motor brushless del arma y el dimensionamiento completo en la figura 20.



**Figura 19.** Motor brushless arma. [20]

## HK-3020-1000KV MOTOR



**Figura 20.** Dimensión completa del motor brushless HK-3020. [20]

### 2.6.4. Radiocontrol Flysky

Es un sistema de radio control que utiliza una antena multidireccional de alta calidad y ganancia.

Con algunas de sus características que contiene:

- Longitud de antena es de 4.17 pulgadas.
- Corriente de 80 mAh-120 mAh.
- Frecuencia de 2.4 GHz.
- Voltaje de funcionamiento de 4.8-15.0V CC (batería Lipo de 2s-4s o 4 x baterías AA de 1.5).
- Señal de salida: PPM/PWM/S-BUS.

Implementado con 6 canales de transmisión y 7 canales de recepción. [21]

Como se puede apreciar el radiocontrol flisky en la figura 21 y el receptor de canales en la figura 22.



**Figura 21.** Radiocontrol flysky. [21]



**Figura 22.** Receptor con canales de transmisión y alimentación. [21]

### 2.6.5. Batería lipo tracción

La batería Lipo Tattu 1.8V 75 °C S1P con enchufe XT26 proporciona energía confiable y de alta calidad para cuadricópteros FPV de 150 mm y 180 mm.

#### Características:

- Alto eficiencia de descarga y alta densidad energética.
- Capacidad: 850 mAh – Voltaje: 14.8 V/4S/4 celdas.

- Tasa de descarga: 75 ° C- Tasa de descarga máxima de 150 ° C.

La extraordinaria tecnología de apilamiento permite una capacidad de una sola celda de 850 mAh. [22]

Se puede observar en la figura 23 la batería lipo de 4s y las características y celdas de voltajes en la tabla 2.



**Figura 23.** Batería lipo 4s 850mAh. [22]

Baterías	Celdas	Nomenclatura
3.7V	1 x 3.7V	1S
7.4V	2 x 3.7V	2S
11.1V	3 x 3.7V	3S
14.8V	4 x 3.7V	4S
18.5V	5 x 3.7V	5S
22.2V	6 x 3.7V	6S
29.6V	8 x 3.7V	8S
37.0V	10 x 3.7V	10S
44.4V	12 x 3.7V	12S

**Tabla 2.** Diferentes voltajes de baterías lipos con sus respectivas celdas. [22]

### 2.6.6. Batería lipo arma

RLine es una nueva línea de productos especialmente diseñada para carreras profesionales de FPV. Esta es la versión comercial de la batería Toppilot. También es una subsidiaria de la marca Tattu. Tiene mayor capacitancia, menor resistencia interna y menor temperatura de aterrizaje. Son más potentes que cualquier batería de grafeno. En general, la batería RLine

tiene las mismas especificaciones que nuestra batería Toppilot. Hay diferentes versiones de RLine para las necesidades de diferentes carreras de FPV. [23]

**Características:**

- El paquete de batería utiliza una corriente de 1050mAh con un voltaje de 22.2 voltios (6S).
- De carga muy rápida para una buena densidad de energía y larga vida útil.
- Tattu RLine tiene mayor potencia, menor resistencia interna y menor temperatura de aterrizaje. Son más potentes que cualquier batería gráfica. lograr una mayor capacitancia, menor resistencia interna y menor temperatura de aterrizaje. Son más potentes que cualquier batería gráfica.

Se puede observar en la figura 24 la batería lipo de 6s.



**Figura 24.** Batería Lipo 6S 1050mAh. [23]

### **2.6.7. Batería del sistema de control**

Las baterías TURNIGY LiPoly Nano se diseñaron desde cero con un rendimiento serio en mente. El uso de un sustrato de nanotecnología LiPo avanzada permite que los electrones se muevan más libremente de ánodo a cátodo con menor resistencia interna. Temprano.

**Características:**

- Capacidad: 370 mAh

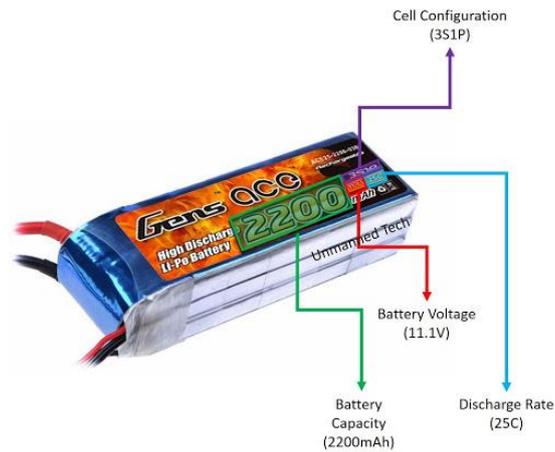
- Descarga: 25C constante / 40C.
- Dimensiones: 63x32x9 mm
- Voltaje: 2S1P / 2 celdas / 7.4 V

Baja caída de voltaje y mayor tasa de descarga que las baterías de polímero de litio de densidad similar (no nanotecnológicas). Su ciclo de vida dura el doble que el de la tecnología lipoly estándar. [24]

Se puede detallar la batería lipo 2S en la figura 25 y los parámetros de las baterías lipos en la figura 26.



**Figura 25.** Batería lipo 2S 370 mAh. [24]



**Figura 26.** Parámetros que contiene las baterías lipos. [24]

### 2.6.8. Interruptor

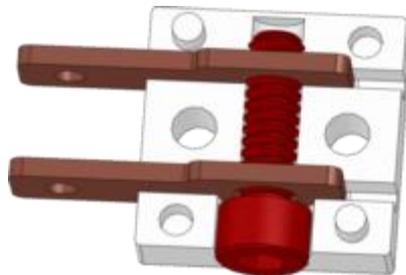
Este es un mini interruptor material de Nylon de alta temperatura, conectores de cobre, tornillo de aluminio. Su peso es de 2.15 gramos. Su instalación tiene dos orificios de montaje, separados por 7.62 mm (0.3 pulgadas).

Si se gira completamente en el sentido contrario a las manecillas del reloj, se apagará la alimentación. (cable de calibre 16). Su Corriente nominal es 40 A y su ráfaga de duración es a 100 A durante 10 segundos. [24]

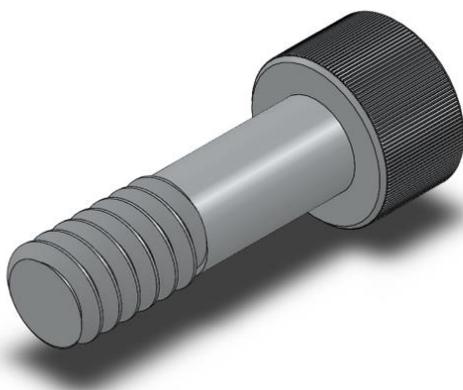
Como se puede observar el Interruptor fingertech en la figura 27, diseño interno en la figura 28, tornillo 7075-T6 en la figura 29 y la tabla de temperatura en la figura 30.



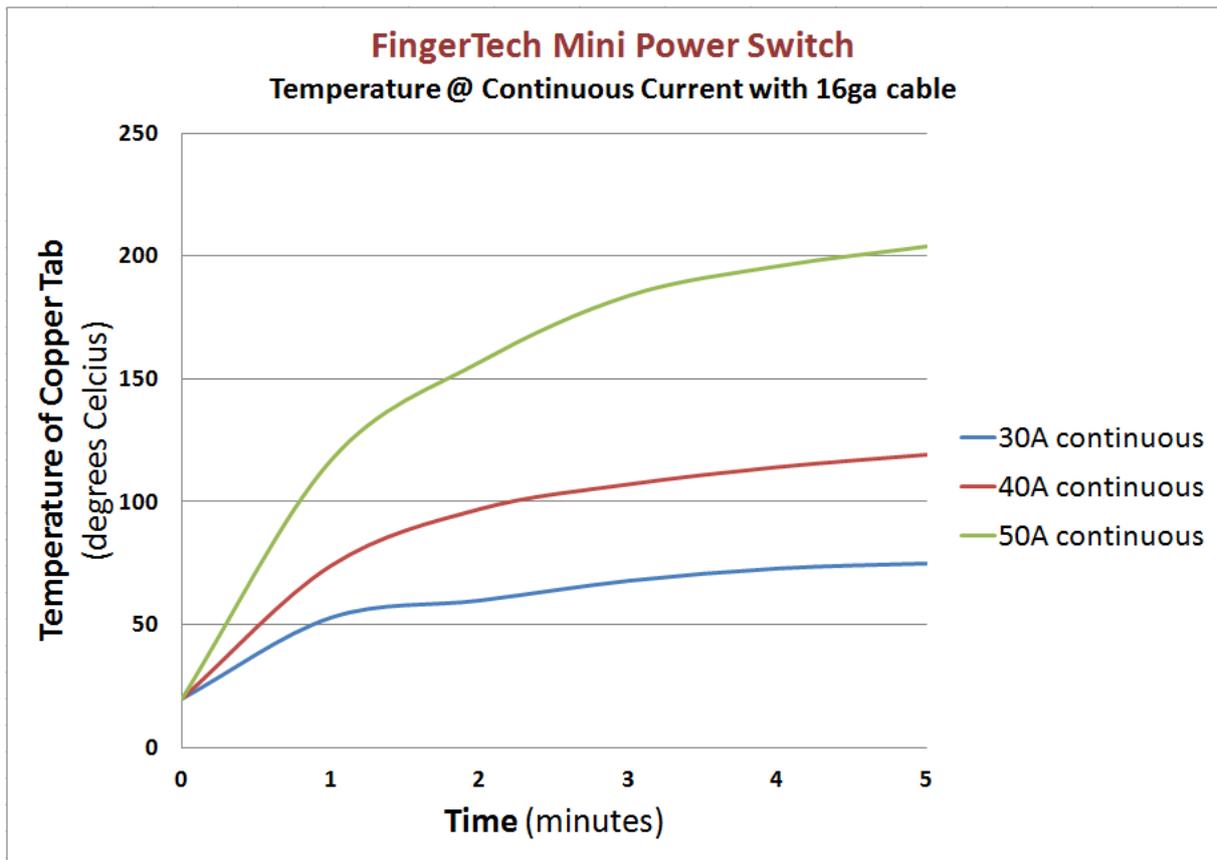
**Figura 27.** Interruptor fingertech. [25]



**Figura 28.** Diseño interruptor interno. [25]



**Figura 29.** Tornillo 7075-T6 del interruptor fingertech. [25]



**Figura 30.** Tabla de temperatura del interruptor al adaptarse a la corriente. [25]

### 2.6.9. Ruedas banebots

Estas ruedas contienen una banda de rodadura de goma blanda que se adapta a la superficie. Este material caucho verde número 30, más blanda, se aplanará sobre superficies o se doblará alrededor de un objeto con relativa facilidad. [26]

Como se puede observar la rueda banebot en la figura 31, el modelamiento en vista isométrica en la figura 32, vista de frente en la figura 33 y de vista trasera en la figura 34.



**Figura 31.** Rueda banebot. [26]



**Figura 32.** Modelamiento de la rueda banebot en vista isométrica. [26]



**Wheel with 1/2" Key Hub - Front**

**Figura 33.** Vista de la rueda banebot de frente. [26]



**Wheel with 1/2" Hex Hub - Back**

**Figura 34.** Vista de la rueda banebot trasera. [26]

#### **2.6.10. ESC T-Motor F45A -32bit 3-6S**

Este diminuto ESC es un diseño de PCB industrializado con características de alta gama como un chip de control principal de 32 bits y LED programables.

##### **Características:**

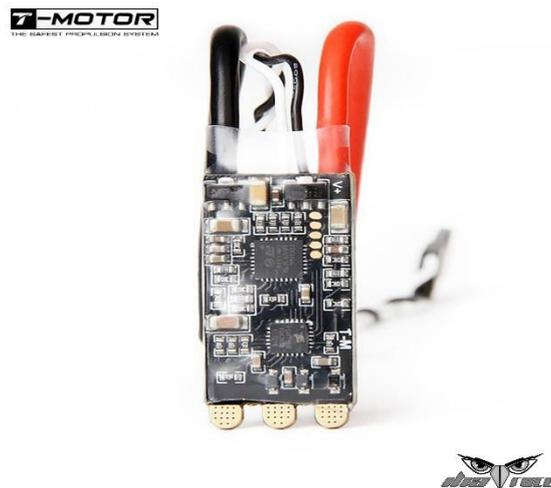
- El tamaño pequeño ahorra espacio en el chasis mientras mantiene una corriente de 45A con diseño de PCB industrializado y materiales selectos.
- Chip de control principal de 32 bits.

- Velocidad de respuesta rápida: responde de manera rápida y precisa cuando recibe señales de acelerador para una agradable sensación de funcionamiento sin demoras. [27]

Se puede observar el ESC T-motor f45A de forma frontal en la figura 35 y en la figura 36 de forma trasera que se observa el circuito del ESC T-Motor F45A.



**Figura 35.** Vista frontal ESC T-Motor F45A. [27]



**Figura 36.** Vista trasera ESC T-Motor F45A. [27]

### 2.6.11. ESC 60A HGLRC

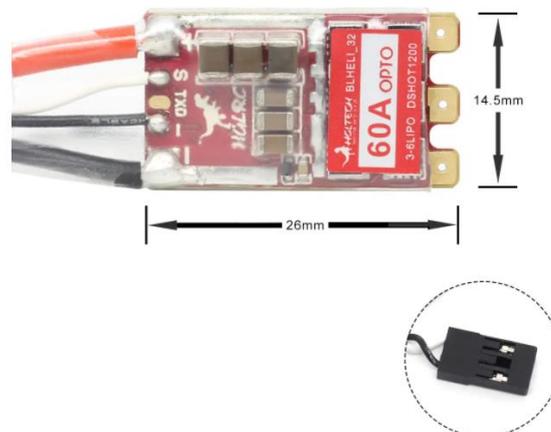
Es un diseño de PCB de marca HGLRC con voltaje de entrada de 3-6S lipo y su corriente continua de 60A de 5S – 45A de 6S. Como se puede observar el ESC 60A en la figura 37 de forma frontal y en la figura 38 de forma trasera que se observa el circuito del ESC 60A.

#### Características:

- Protocolos compatibles: señales analógicas
- Su peso es de 3,4 g
- Placa PCB de 3 oz: reduce la absorción de calor y mejora la eficiencia del sistema.
- El cable de alimentación y señal de silicona es muy resistente al calor y flexible. [28]



**Figura 37.** Vista frontal ESC 60A HGLRC. [28]



**Figura 38.** Vista Trasera ESC 60A HGLRC. [28]

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Requerimientos del usuario final

Para la planificación y posterior toma de decisiones se requiere que quien figura como usuario final del prototipo determine los requisitos que pretende satisfacer el equipo, por lo tanto, se desarrolló la siguiente tabla que permite organizar los mismos y que al término del trabajo se demuestre su cumplimiento en base a las pruebas operacionales.

Como se puede ver con más detalles en la tabla 3 el usuario final.

Orden	Característica	Observación
1	Desplazamiento	Adelante, Atrás, Izquierda y Derecha.
2	Arma	Tipo rotatoria
3	Estructura resistente a impactos	Tipo compuesta
4	Autonomía	Igual o mayor a 3 minutos continuos
5	Fuente de alimentación	Recargable
6	Control	Tipo rc

**Tabla 3.** Requerimientos del usuario final.

#### 3.2. Alternativas de solución a los requerimientos

Las alternativas de solución se toman en base a los requerimientos previamente planteados por el usuario final de dicho equipo y la satisfacción de este en función a distintas alternativas de componentes que se pueden utilizar en el equipo, algunos con menor costo u otros con mayores beneficios para el equipo, cabe destacar que se debe tomar en cuenta que el equipo que se construya será único pues en el mercado no existen robots que cuenten con las características y prestaciones que se le pretenden dar al presente trabajo y por esta razón no se podrá adquirir un equipo armado y listo para operar de esta naturaleza en el mercado nacional o internacional.

Como se puede ver con más detalles en la tabla 4 las alternativas de solución de requerimientos.

<b>Orden</b>	<b>Características</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>
<b>1</b>	Desplazamiento	Esc's	Arduino y puente H
<b>2</b>	Arma	Tipo rotatoria	Tipo rampa
<b>3</b>	Estructura resistente a impactos	Tipo compuesta	Solida
<b>5</b>	Autonomía	Doble sistema de alimentación lipó	Ni-Nh 1A
<b>6</b>	Fuente de alimentación	Batería lipo	Batería Ni-Mh
<b>7</b>	control	Tipo rc	Modulo Bluetooth

**Tabla 4.** Alternativas de solución a los requerimientos.

### **3.3. Comparación de los componentes**

#### **3.3.1 Esc's 45 A para motores brushless del sistema de tracción.**

El prototipo utiliza 2 Esc's para el sistema de tracción ya que cada uno maneja un canal y se necesitan 2 para realizar un movimiento continuo y controlado en distintos sentidos de acuerdo con la configuración, el Esc funciona óptimamente con una alimentación de 16.8 V y soportan el paso continuo de 45 A por canal.

#### **3.3.1 Esc's 60 A para motor brushless del arma.**

El prototipo utiliza 1 Esc para el motor del arma ya que el mismo maneja un canal y controla el movimiento continuo y controlado del motor del arma en un solo sentido, el Esc funciona óptimamente con una alimentación de 21 V y soportan el paso continuo de 60 A.

#### **3.3.2 Autonomía mayor a 15 minutos continuos**

Para obtener una mayor autonomía en un prototipo robótico se debe utilizar una batería con un gran uso de corriente como en este se tiene la batería TATTU 850mAh para el sistema de

tracción y la batería Maxapms de 1350mAh que entrega mayor corriente a todos los elementos que se encuentran en uso al momento de utilizar, la opción a considerar es la de 1A aunque tiene la misma entrega de corriente pero en un tiempo más corto llegando al límite mínimo o incluso menos de acuerdo al uso, la batería de 3A es más pesada que la de un 1A lo que beneficia a dicha batería en relación de pesos.

### **3.3.3 Fuente de alimentación del prototipo recargable**

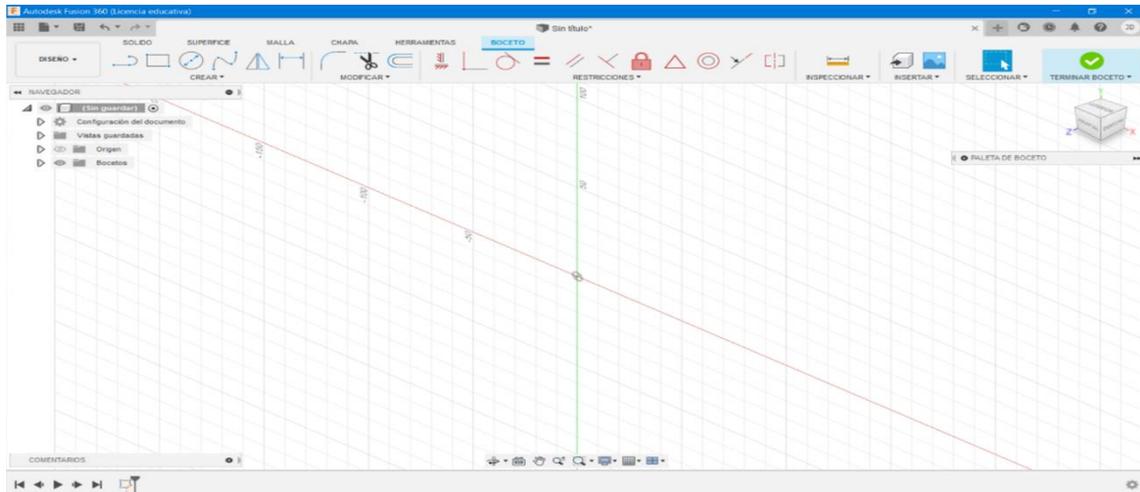
Las baterías de polímero de litio o lipo tienen una mayor descarga o mejor expresado son un tipo de baterías que al momento de utilizarlas se tiene mayor entrega de corriente en un determinado tiempo, por lo mismo un mejor desempeño de los dispositivos utilizados y por su tecnología de carga y descarga es una alternativa muy fiable al momento de utilizarlas en prototipos robóticos en comparación a cualquier otra batería que se encuentra en el mercado, la batería níquel cadmio presenta mayor vida útil en función a la descarga producida al mínimo y ante posibles cortos que se pudieran presentar porque se está tratando con una batería seca.

### **3.3.4 Control a distancia**

La mejor forma de controlar un dispositivo a distancia y tener facilidad al momento de operar un prototipo robótico, es un radiocontrol por su ergonomía y facilidad de operación así como la distancia de operación es mucho mayor que la tecnología bluetooth utilizada en dispositivos similares con igual número de características y una comunicación con un alto grado de inestabilidad a causa de frecuencias parasitas producidas por los mismos dispositivos utilizados en el proyecto como son los motores o la misma frecuencia de transmisión empleada en la codificación del video.

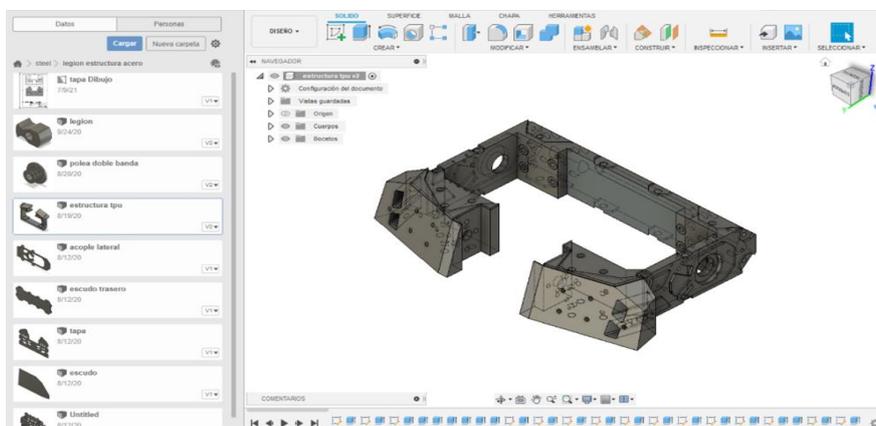
### 3.4. Diseño de piezas

Las piezas del robot se diseñan en el software FUSION 360 para tener la dimensión correcta de cada componente al momento de la fabricación. Como se puede observar la interfaz del diseño en la figura 39.

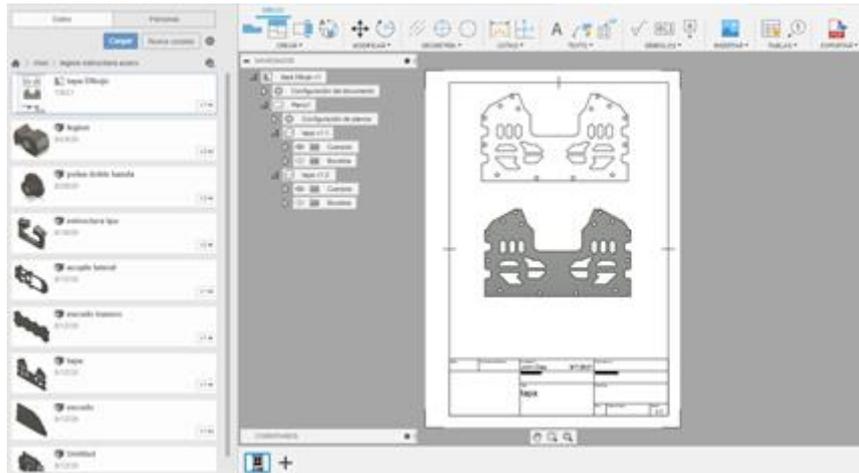


**Figura 39.** Interfaz de diseño

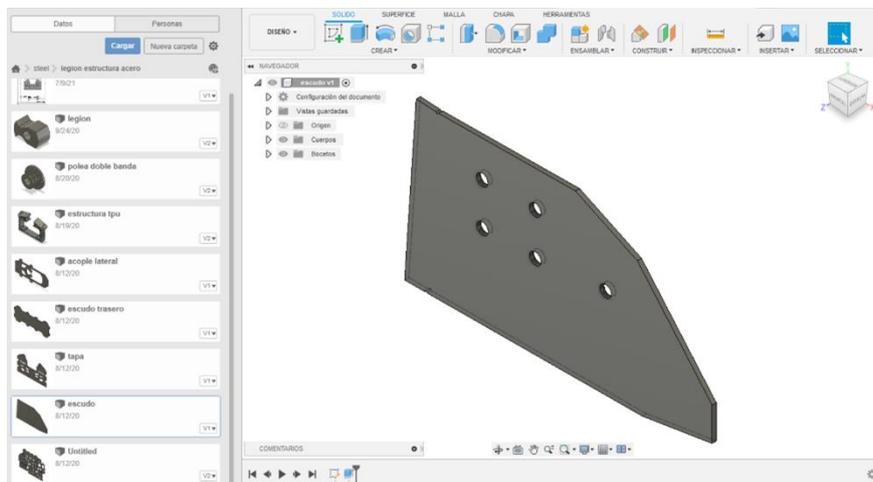
Los componentes se diseñan y modelan para luego ser fabricados como la estructura es realizada en impresión 3d, para posterior ser recubierta con escudos de acero. Como se puede observar la estructura interna en la figura 40, el diseño de patas en la figura 41 y el diseño de escudos en la figura 42.



**Figura 40.** Estructura interna



**Figura 41.** Diseño de patas para su posterior corte en acero.



**Figura 42.** Diseño de escudos para su posterior corte en acero.

### 3.5. Ensamblaje

El corte de las piezas se realizó por chorro de agua, ya que brinda mayor exactitud al momento de unir las piezas para armarlas. Las piezas primeramente cortadas y dobladas son atornilladas a las dos tapas: superior e inferior, mediante tornillos M6 de paso fino y tuercas autoblocantes (tuercas de vibraciones) así como el arma a su eje de tipo de acero K100 el material inoxidable para ser montado en los parantes de aluminio y posterior a la estructura con tornillos M5.

### **Material tapas: Acero inox 304**

El acero inoxidable 304 es la forma de acero inoxidable más utilizada en todo el mundo, en gran parte debido a su valor y excelente resistencia a la corrosión. Contiene de un 16 a un 2 por ciento de cromo y hasta un 35 por ciento de níquel, así como pequeñas cantidades de carbono y manganeso. [29]

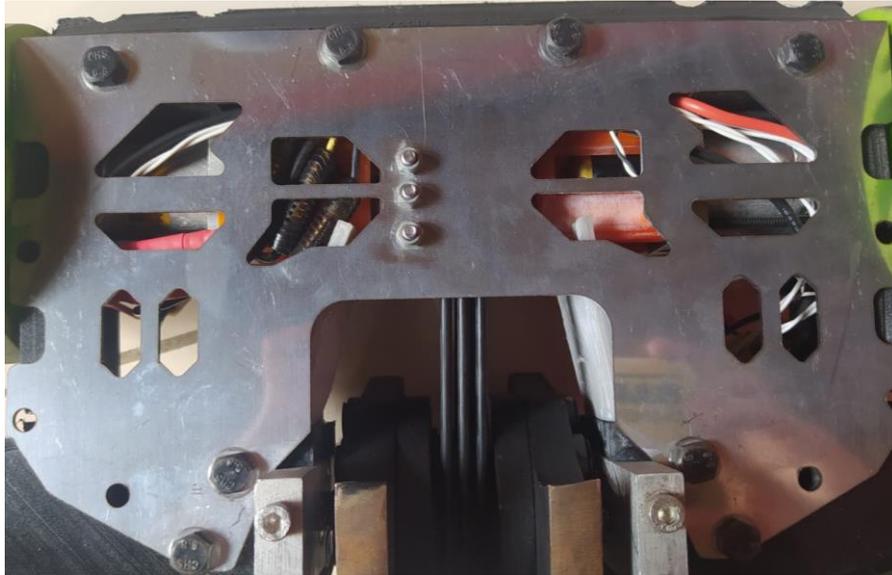
Como se puede observar en la figura 43 los tubos de acero inox 304, la tapa superior en la figura 44, tapa inferior en la figura 45, la tapa inferior acoplado con el arma con la figura 46 y la vista posterior de los parantes en la figura 47.



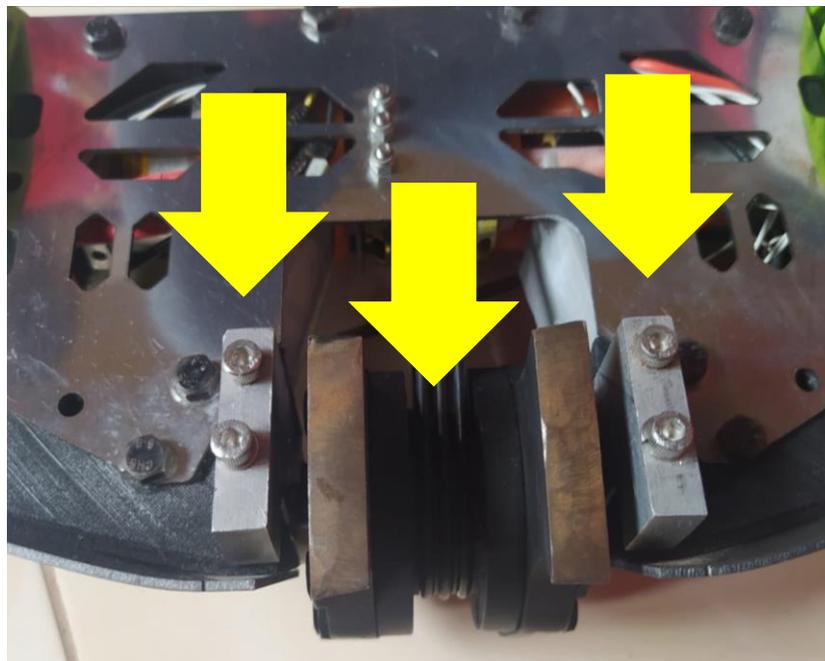
**Figura 43.** Tubos de acero inox 304. [29]



**Figura 44.** Tapa superior.



**Figura 45.** Tapa Inferior acoplados con los tornillos M6.



**Figura 46.** Tapa inferior acoplado con el arma de centro y los laterales los parantes de vista inferior.

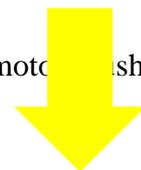


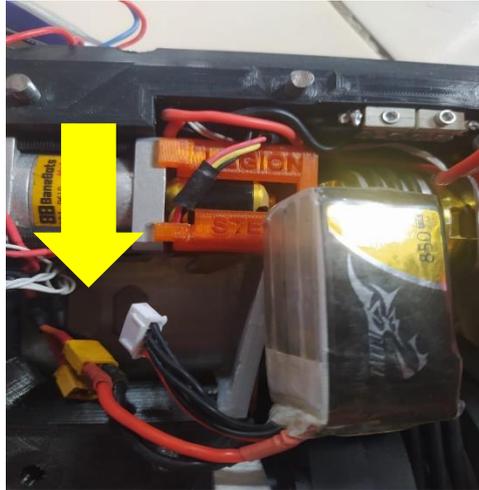
**Figura 47.** Visión posterior de parantes.

### **3.6. Conexión eléctrica tracción**

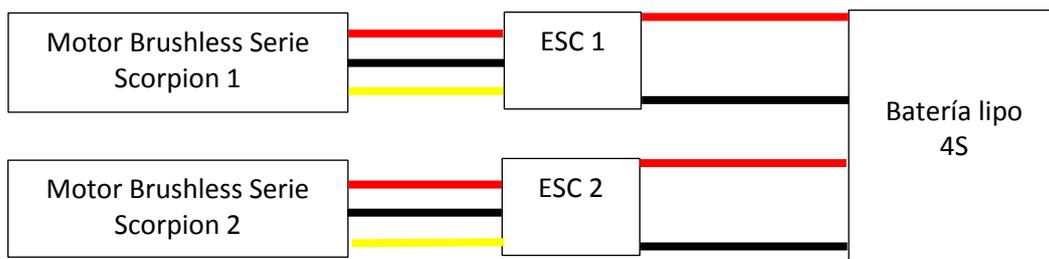
Se procede a soldar cada terminal de los cables de los motores a su respectiva terminal en el ESC para posteriormente conectar dichos motores a los 2 ESC's, de esta manera conectar los ESC'S a el receptor y a su respectivo interruptor, identificando los cables de alimentación que vienen normado: rojo positivo y negro negativo, para poder cerrar el circuito con la alimentación de los motores mediante una batería lipo 4S conectada a la alimentación de los Esc. Como se puede observar la conexión de terminales del motor brushless en la figura 48, la conexión de alimentación en la figura 49 y las conexiones previo a los ESC's y motores en el diagrama 1.

**Figura 48.** Conexión de terminales del motor brushless de tracción con el ESC de 45A.





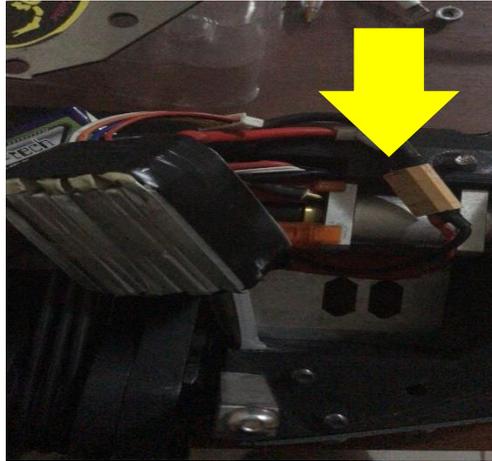
**Figura 49.** Conexión de alimentación a la batería lipo 4S – 850 mAh.



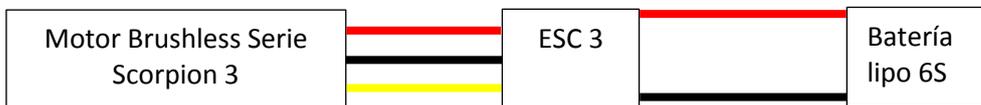
**Diagrama 1.** Conexiones del motor brushless hacia los ESC's y su alimentación en conexión paralelo a la batería lipo 4s.

### 3.7. Conexión eléctrica arma

Se procede a soldar cada terminal de los cables del motor para posteriormente conectar dicho motor al ESC, de esta manera conectar el ESC al receptor y a su respectivo interruptor identificando los cables de alimentación que vienen normado: rojo positivo y negro negativo para poder cerrar el circuito con la alimentación del motor mediante una batería lipo de 5S conectada a la alimentación del Esc. Como se puede observar la conexión de alimentación a la batería lipo 6S en la figura 50, las conexiones del motor previo al ESC y alimentación a la batería lipo en el diagrama 2.



**Figura 50.** Conexión de alimentación a la batería lipo 6S – 1300mAh.



**Diagrama 2.** Conexiones del motor brushless hacia el ESC y su alimentación a la batería lipo.

### 3.7.1 Arma

El motor brushless de la serie Scorpion HK-30 adaptado con tres bandas de caucho, para más seguridad y más agarre de que no se resbale: más tracción, más adherencia y más compacto.

**Material arma: Tipo de acero K100**



**Figura 51.** Motor brushless acoplado con 3 bandas de aluminio para el arma.



**Figura 52.** Visualización del arma en funcionamiento con el motor brushless.

### **3.8. Conexión eléctrica del receptor**

Se procede a soldar los cables a las terminales identificando los cables de alimentación que vienen normado: blanco y negro para la señal de cada ESC, de esta manera se conecta el interruptor para conectar los pines de alimentación del mismo y cerrar el circuito con la batería lipo de 2S.

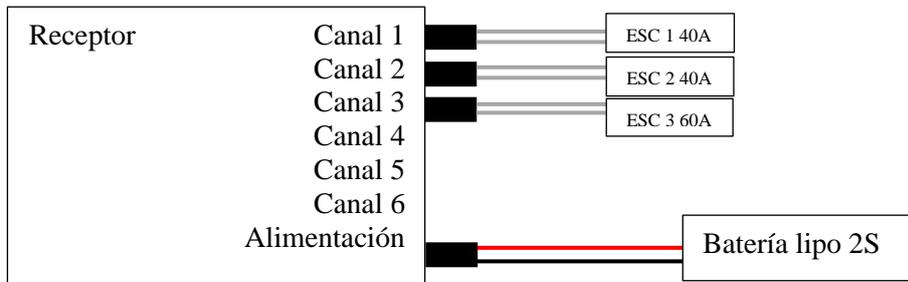
### **3.9. Conexión eléctrica de las señales del receptor**

Se procede a conectar las señales de los Esc de los motores de tracción siendo S1 para el canal 1 y S2 para el canal 2 del receptor.

Posterior se conecta la señal del Esc del motor del arma siendo S3 al canal 3 hacia el receptor.



**Figura 53.** Conexión de receptor del radiocontrol a las señales de pines a cada ESC y alimentación a la batería lipo 2S.



**Diagrama 3.** Conexión del receptor del radiocontrol a los canales respectivos de los ESC's y su alimentación en la batería lipo

### 3.10. Escudos

Se sobresalen estos escudos para la protección del prototipo, de lado frontal para el arma y lado laterales las ruedas banebots.

**Material: Tipo de acero Inox 304**



**Figura 54.** Vista izquierda escudo.



**Figura 55.** Vista derecha escudo.

### **3.11. Ruedas banebots**

Ensamblados a los motores brushless para el sistema de tracción y utilización de 4 ruedas (2 ruedas para cada lado); si en una batalla de robots el contrincante daña la rueda posterior, la

rueda interna sigue en funcionamiento para tener soporte a la superficie y más duración en la batalla.



**Figura 56.** Vista frontal de las ruedas banebots



**Figura 57.** Vista trasera de las cuatro ruedas banebots.

### 3.12. Parantes

Sirve de soporte para cuando el robot en una batalla lo llegan a golpear fuerte y cae boca abajo el arma sigue en funcionamiento.

Así que el arma del robot puede golpear la misma dirección y en distintos sentidos

**Material: Aluminio**



**Figura 58.** Vista del prototipo volteado.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Pruebas de recomendaciones

Antes de aplicar las pruebas operacionales del prototipo se debe hacer chequeos para su funcionamiento de tracción y arma para operar de manera exitosa.



**Figura 59.** Revisiones de conexiones internas y piezas.

Monitoreo y equilibrio de los últimos ajustes de velocidad de comunicación al receptor del prototipo de los motores de tracción (velocidad y espacio de las ruedas) y del motor del arma (velocidad rotativa).



**Figura 60.** Equilibrio de velocidades de los motores brushless.

Revisión y finalización de los últimos detalles del robot para su respectiva prueba de experimentación.



**Figura 61.** Verificación del prototipo para su uso de prueba.

#### **4.2. Pruebas operacionales**

Al momento de realizar las pruebas operacionales tiene un rango de operación de 64m lineales de operación en línea de vista sin ningún obstáculo que permite realizar las operaciones con normalidad y eficiencia, al momento de superar este rango se pierde el control del equipo. En la figura 18 se puede ver el inicio de la prueba al ponerlo en marcha, mientras que en la figura 19 podemos ver que ha recorrido un tramo de aproximadamente 15m para constatar que el robot está trabajando con normalidad.

#### **4.3. Pruebas de movimiento**

Al momento de realizar su avance lineal se tiene una aceleración exponencial considerable al 200% de su masa.

La operación del prototipo debe ser bajo parámetros de seguridad despejando el área de pruebas para no tener ningún incidente.



**Figura 62.** Prueba operacional desde un punto inicial de visualización.



**Figura 63.** Prueba operacional desde un punto final de visualización

#### 4.4. Pruebas de temperatura

Se realizó una prueba de temperatura al robot de batalla previo a ponerlo en movimiento, como se observa en la figura 64 el resultado nos muestra una temperatura de 26.6 °C. Teniendo en cuenta que una batalla de robot tiene un periodo máximo de 3 minutos, lo hemos puesto al robot en movimiento y funcionamiento durante un lapso de 2 minutos para realizar esta prueba.

Como podemos observar en la figura 65, la temperatura obtenida ha sido de 27.4 °C, por lo consecuente se concluye que el uso de los motores brushless han generado en el robot un aumento de temperatura.



**Figura 64.** Temperatura previa al Funcionamiento.



**Figura 65.** Temperatura Después de la prueba de Funcionamiento.

#### 4.5. Presupuesto

A continuación, se detallan los diferentes rubros de los materiales que se utilizó para la construcción del proyecto de titulación.

Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Motores Brushless	3	\$ 150	\$ 450
Cajas Reductoras	2	\$ 150	\$ 300
Baterías	3	\$ 100	\$ 300
Radiocontrol	1	\$ 90	\$ 90
Control Eléctrico de velocidad	3	\$ 150	\$ 450
Estructura lateral	1	\$ 250	\$ 250
Tapas	2	\$ 75	\$ 150
Arma	1	\$ 370	\$ 370
Elementos de ferretería	1	\$ 150	\$ 150
Elementos de electrónica	1	\$ 150	\$ 150
Total			\$ 2465

**Tabla 5.** Detalles y precios de cada componente utilizado en el proyecto técnico.

## 5. CONCLUSIONES

Se diseñó el sistema eléctrico del robot de 12 libras con base a la información obtenida en la universidad mediante una investigación interna de proyectos previos y nueva tecnología brushless.

Se realizó un dimensionamiento de los elementos electrónicos con un estudio previo de cargas aplicadas al tiempo de uso del prototipo teniendo en cuenta el datasheet de cada elemento a utilizar en el prototipo.

Se realizó pruebas de tracción del prototipo teniendo en cuenta el alcance máximo de operación, así como el desplazamiento del mismo en distintas superficies para conocer la adherencia y la velocidad que puede alcanzar el prototipo, de la misma forma el arma alcanza velocidades de operación estimadas.

Se diseñó el arma con base en un diseño rotatorio para de esta manera poder tener un impacto de mayor contundencia hacia un prototipo rival de la categoría de 12 libras.

Se programó el radiocontrol con parámetros propios de sincronización entre motores brushless para poder realizar un mix de señales en el equipo en tierra, para ser controlado con una misma señal única que funciona directa e inversamente proporcional a la señal utilizada.

## RECOMENDACIONES

No exceder el tiempo estipulado de utilización del prototipo, que se redacta en este documento.

Llevar constancia del tiempo sin uso que tenga el robot de batalla, puesto que las baterías se dañaran si llegan a descargarse por completo.

Revisión de las ruedas del robot de batalla.

Revisar el nivel de carga de las baterías previo a cualquier competencia.

Preservar la estructura de la placas tanto superior e inferior.

Previo a la competencia se recomienda verificar el correcto movimiento de los motores, tracción y arma.

Revisión del sistema eléctrico y cables ante cualquier eventualidad que se pueda presentar.

Constatar el control del arma, ajustando al canal a su punto mínimo; si se comienza el movimiento del arma en el punto máximo es peligroso hacia el usuario y terceros.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] <<Google Maps>> 10 septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.google.com/maps/place/Urb.+La+Joya.+Etapa+%C3%81mbar/@-2.0325396,-79.9157387,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x902d11f8d30f0d95:0x5465d3e2ff235972!8m2!3d-2.032545!4d-79.91355>
- [2] <<Google Maps>> 10 septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.google.com/maps/place/Universidad+Polit%C3%A9cnica+Salesiana+-+Guayaquil/@-2.2346048,-79.9343097,13z/data=!4m9!1m2!2m1!1suniversidad+politecnica+salesiana!3m5!1s0x902d6e4fced73235:0xb76f5008ec6c4345!8m2!3d-2.2201494!4d-79.8866849!15sCiF1bml2ZXJzaWRhZCBwb2xpdGVjbmljYSBzYWxlclhbmEiA4gBAZIBEnByaXZhdGVfdW5pdmVyc2l0eQ>
- [3] González, V (2018). Robots de servicio y teleoperados. [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/teleoperado.htm#arriba](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/teleoperado.htm#arriba)
- [4] Coelho, f. (21 de noviembre de 2020). "Robótica". Significados. <https://www.significados.com/robotica/>.
- [5] Morales, M. (9 de abril del 2015). COMPUTER hoy, Vuelven lo combates de robots(noticia). <https://computerhoy.com/noticias/life/atencion-vuelven-combates-robots-television-26693>
- [6] Carrasco, A (2021). Web Portal, ATOM. Batalla 1 lb pequeño tombstone. <http://cyberspaceandtime.com/kmvl6v1aMTc.video+related>
- [7] Lliguin, E. (27 enero 2019). Principio de funcionamiento y aplicación del motor brushless o motor sin escobillas. Slideshare. <https://es.slideshare.net/EdgarLliguin1/motor-brushless>.

- [8] Bricoydeco. (10 de septiembre del 2018). Todo referente a las herramientas brushless (sin escobillas). “Handbox”. <https://handbox.es/todo-lo-que-debes-saber-sobre-las-herramientas-brushless-sin-escobillas>.
- [9] Gipuzkoa, A. (19 junio 2019). La tecnología brushless: características y ventajas. Sammic. <https://www.sammic.es/blog/2019/Jun/19/la-tecnologia-brushless-caracteristicas-y-ventajas>
- [10] Bueno, D (2013). Motor eléctrico brushless: Funcionamiento y características. Imagen adjunto: CochesRc.com. <https://1mecanizadoelarenal.files.wordpress.com/2013/11/motores-brushless.pdf>
- [11] Tsukamoto, A. (2018). Pinterest. Images Search Yahoo. <https://www.pinterest.com/pin/338051515781142391/>
- [12] Roydisa (2018). “Que es un motorreductor”. Noticias. <https://www.roydisa.es/archivos/5419>
- [13] Chorl (18 de marzo del 2018). Motorama 2018: Como no escalar el modelo de prueba tus BattleBots, the remix. Etotheiplusone. <https://www.etotheiplusone.net/?p=4537>
- [14] Priegue, F. (22 de mayo del 2012). Tecmovia. ¿Cómo funciona un control electrónico de estabilidad?, <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/05/22/como-funciona-un-control-electronico-de-estabilidad>.
- [15] Blog MultirotorGuides.com. Control de Velocidad ESC’s. <https://dronetalks.wordpress.com/guias-de-componentes/controladores-de-velocidad-escs>.
- [16] Admin (26 de marzo del 2010). Electric Bricks. PWM control de velocidad en motores eléctricos. <http://blog.electricbricks.com/2010/03/pwm-coltrol-de-velocidad-en-motores-electricos/>
- [17] Gómez, A (1 de junio del 2013). Robotics. Experiencias y aportes personales-Blog. <http://robotaldajo.blogspot.com/2013/06/motores-brushless-primera-prueba-con.html>

- [18] SuiSolution. (2021b). Scorpion SII-2212-1850KV (V2)—Sistema de energía Scorpion. [https://www.scorpionsystem.com/catalog/aeroplane/motors\\_1/s-22\\_v2/SII-2212-1850KV/](https://www.scorpionsystem.com/catalog/aeroplane/motors_1/s-22_v2/SII-2212-1850KV/)
- [19] BANELOTS (2021). Caja De Cambios P6S. <https://banebots.com/p6s-44-s/>
- [20] SuiSolution. (2021a). Scorpion HK-3020-1000KV - Sistema de energía Scorpion. [https://www.scorpionsystem.com/catalog/helicopter/motors\\_4/hk-30/HK3020\\_1000/](https://www.scorpionsystem.com/catalog/helicopter/motors_4/hk-30/HK3020_1000/)
- [21] Amazon. (2021). Amazon.com: Flysky FS-i6X - Control remoto transmisor de 6-10 canales (predeterminado 6), 2.4GHz AFHDS con receptor FS-iA6B : Juguetes y Juegos. [https://www.amazon.com/-/es/Flysky-FS-i6X-transmisor-predeterminado-receptor/dp/B0744DPPL8/ref=pd\\_sbs\\_1/136-3817778-4807236?pd\\_rd\\_w=SScaB&pf\\_rd\\_p=3676f086-9496-4fd7-8490-77cf7f43f846&pf\\_rd\\_r=1K1Y4FC9KPDP9FQGG667&pd\\_rd\\_r=22c14820-d960-4eca-8b93-f2d8ffd0abc3&pd\\_rd\\_wg=PSiOB&pd\\_rd\\_i=B0744DPPL8&psc=1](https://www.amazon.com/-/es/Flysky-FS-i6X-transmisor-predeterminado-receptor/dp/B0744DPPL8/ref=pd_sbs_1/136-3817778-4807236?pd_rd_w=SScaB&pf_rd_p=3676f086-9496-4fd7-8490-77cf7f43f846&pf_rd_r=1K1Y4FC9KPDP9FQGG667&pd_rd_r=22c14820-d960-4eca-8b93-f2d8ffd0abc3&pd_rd_wg=PSiOB&pd_rd_i=B0744DPPL8&psc=1)
- [22] Grepow Inc. (s. f.). Tattu 850mAh 14.8V 75C 4S1P Lipo Battery Pack with XT60 Plug. GensTattu. Recuperado 30 de agosto de 2021, de <https://www.genstattu.com/tattu-850mah-14-8v-75c-4s1p-lipo-battery-pack-with-xt60-plug.html>
- [23] Tattu (31 de julio del 2018). Página AMAZON. Batería Pack xt60 6S-1050mAh. <https://www.amazon.com/R-line-1050MAH-battery-professional-racing/dp/B07G26NJWC>
- [24] Turnigy. (2021). Turnigy nano-tech 370mah 2S 25~40C Lipo Pack. Hobbyking. [https://hobbyking.com/en\\_us/turnigy-nano-tech-370mah-2s-25-40c-lipo-pack.html?queryID=db513b7ba5950d1fe15789d7f3bec6bf&objectID=30696&indexName=hbk\\_live\\_products\\_analytics](https://hobbyking.com/en_us/turnigy-nano-tech-370mah-2s-25-40c-lipo-pack.html?queryID=db513b7ba5950d1fe15789d7f3bec6bf&objectID=30696&indexName=hbk_live_products_analytics)
- [25] FingerTech. (2021). FingerTech Mini Power Switch. <https://www.fingertechrobotics.com/proddetail.php?prod=ft-mini-switch>

[26] BANEBOTS. (2021). BaneBots Compliant Wheel, 4" x 0.8", Hub Mount, 30A, Green. BaneBots. <https://banebots.com/banebots-compliant-wheel-4-x-0-8-hub-mount-30a-green/>

[27] T MOTOR. (2021). ESC T-Motor F45A -32bit 3-6S. Iha Race. <https://iha-race.com/producto/esc-t-motor-f45a-f45a-32bit-3-6s/>

[28] Banggood.com. (2021). HGLRC T-Rex 60AMP 60A BLHeli\_32 3-6S ESC Dshot1200 For RC Drone FPV Racing Multi Rotor. [www.banggood.com](http://www.banggood.com). [https://www.banggood.com/HGLRC-T-Rex-60AMP-60A-BLHeli\\_32-3-6S-ESC-Dshot1200-For-RC-Drone-FPV-Racing-Multi-Rotor-p-1240022.html](https://www.banggood.com/HGLRC-T-Rex-60AMP-60A-BLHeli_32-3-6S-ESC-Dshot1200-For-RC-Drone-FPV-Racing-Multi-Rotor-p-1240022.html)

[29] Foundry, R (2022). Blog Categories. Acero inoxidable 304 versus acero inoxidable 316. <https://www.reliance-foundry.com/blog/acero-inoxidable-304-vs-316-es>

## ANEXOS

### 8.1 Manual de instrucciones del control remoto.

#### 1. Safety

##### 1.1 Safety Symbols

Pay close attention to the following symbols and their meanings. Failure to follow these warnings could cause damage, injury or death.

 **Danger** • Not following these instructions may lead to serious injuries or death.

 **Warning** • Not following these instructions may lead to major injuries.

 **Attention** • Not following these instructions may lead to minor injuries.

##### 1.2 Safety Guide



**Prohibited**



**Mandatory**

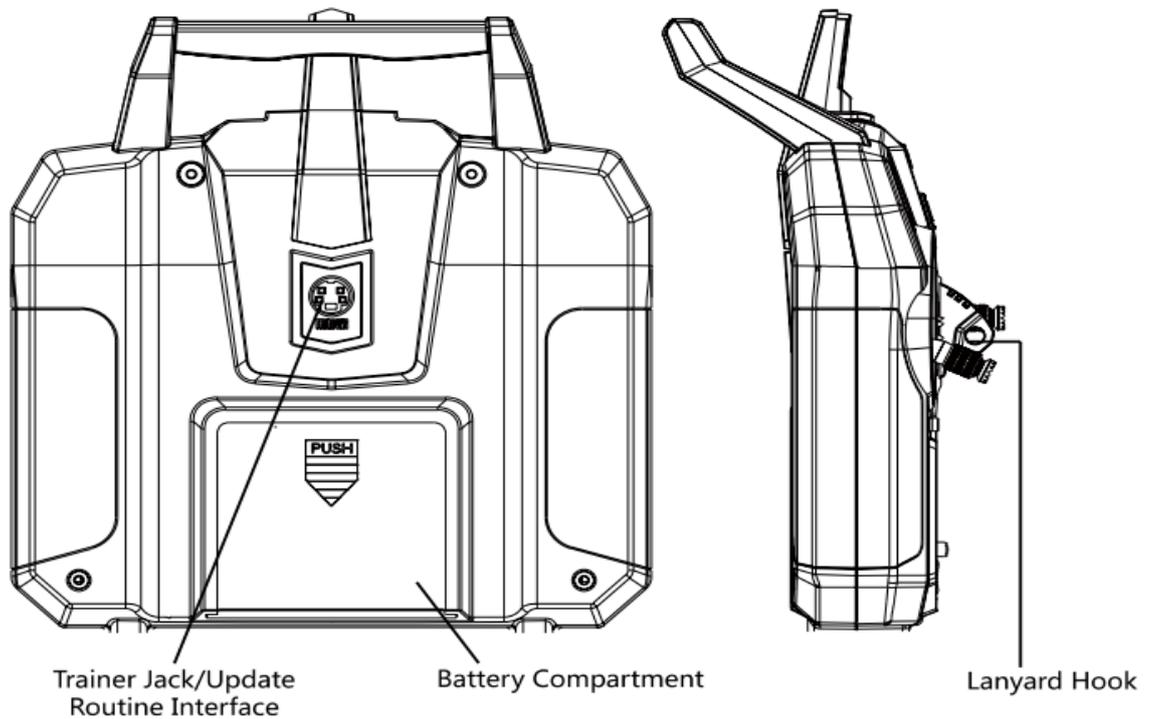
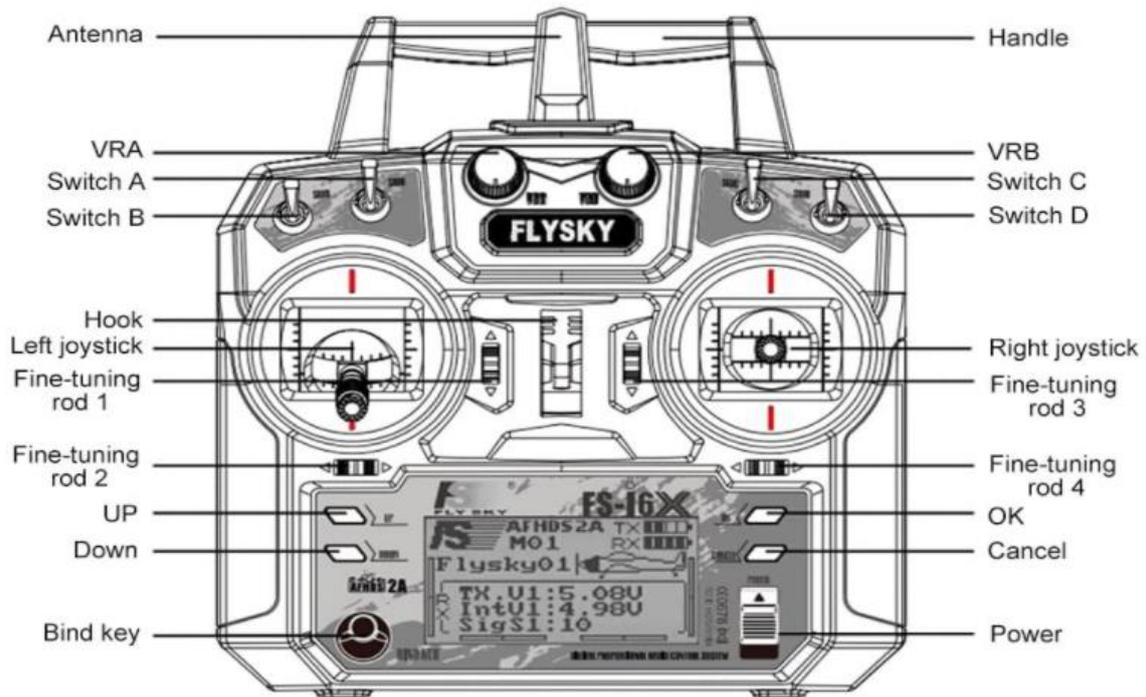


- Do not use the product at night or in bad weather like rain or thunderstorm. It can cause erratic operation or loss of control.
- Do not use the product when visibility is limited.
- Do not use the product on rain or snow days. Any exposure to moisture (water or snow) may cause erratic operation or loss of control.
- Interference may cause loss of control. To ensure the safety of you and others, do not operate in the following places:
  - Near any site where other radio control activity may occur
  - Near power lines or communication broadcasting antennas
  - Near people or roads
  - On any pond when passenger boats are present
- Do not use this product when you are tired, uncomfortable, or under the influence of alcohol or drugs. Doing so may cause serious injury to yourself or others.
- The 2.4GHz radio band is limited to line of sight. Always keep your model in sight as a large object can block the RF signal and lead to loss of control.
- Never grip the transmitter antenna during operation. It significantly degrades signal quality and strength and may cause loss of control.
- Do not touch any part of the model that may generate heat during operation, or immediately after use. The engine, motor or speed control, may be very hot and can cause serious burns.



- Misuse of this product may lead to serious injury or death. To ensure the safety of you and your equipment, read this manual and follow the instructions.
- Make sure the product is properly installed in your model. Failure to do so may result in serious injury.
- Make sure to disconnect the receiver battery before turning off the transmitter. Failure to do so may lead to unintended operation and cause an accident.
- Ensure that all motors operate in the correct direction. If not, adjust the direction first.
- Make sure the model flies within a certain distance. Otherwise, it could cause loss of control.

#### Anexo1. Precauciones del uso del control



**Anexo2.** Vista delantera y trasera del radiocontrol Flysky.

### 2.2.1 Transmitter Antenna

-  **Warning** • For best signal quality, make sure that the antenna is at about a 90 degree angle to the model. Do not point the antenna directly at the receiver.
-  **Danger** • Never grip the transmitter antenna during operation. It significantly degrades the RF signal quality and strength and may cause loss of control.

### 2.2.2 Battery Indicator

The status indicator is used to indicate the power and status of the transmitter and receiver. If a receiver is not connected or bound to the transmitter no battery status will be displayed for the receiver.



### 2.2.3 Trims

There are 4 trims affecting stick functionality, one for ailerons (Channel 1), elevator (Channel 2), throttle (Channel 3) and rudder(Channel4). Each time a trim is toggled, the trim will move one step. It is possible to make quicker trim adjustments by holding the trim in the desired direction. When the trim position reaches the middle, the transmitter beeps in a higher tone.

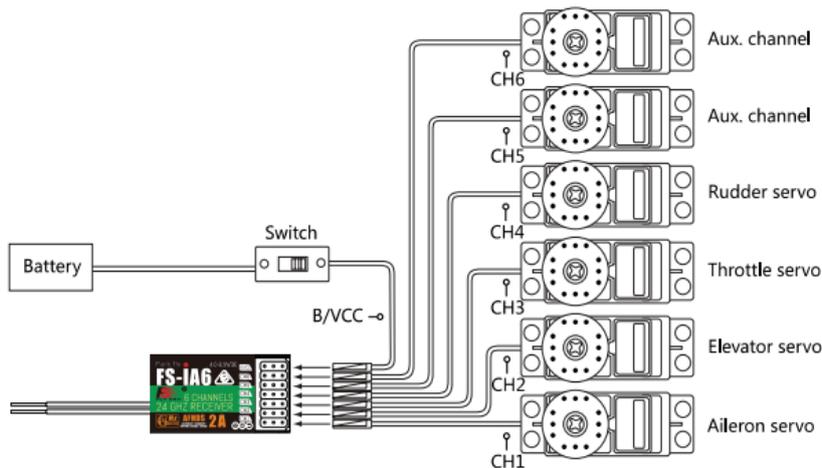
## 2.3 Receiver Overview



### 2.3.2 Connectors

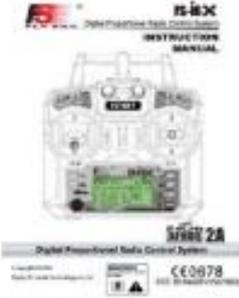
The connectors are used to connect the parts of model and the receiver.

- CH1 to CH6: used to connect the servos, power or other parts.
- B/VCC: used to connect the bind cable for binding, and the power cable during normal operation.



## Anexo3. Operaciones básicas e información de la operación de transmisión.

## 10.Package Contents

4-10 Channel 2.4GHz Transmitter (FS-i6X)	 A black and silver Flysky FS-i6X 4-10 Channel 2.4GHz Transmitter. It features two large joysticks, several buttons, and a digital display screen at the bottom. The Flysky logo is prominently displayed in the center.
2.4GHz Receiver ( FS-IA6 (6 CH))	 A small, rectangular 2.4GHz receiver module, model FS-IA6. It has a green PCB and a black plastic housing. The text on the module includes "FS-IA6", "6 CHANNELS", "2.4 GHz RECEIVER", and "CLASS 2A".
User Manual ( CD )	 A CD-ROM case for the user manual. The cover features the Flysky logo, the text "INSTRUCTION MANUAL", and an image of the transmitter. It also includes the model name "FS-i6X 2A" and "Digital Proportional Radio Control System".
PS/2 to USB Update Cable	 A cable used for updating the transmitter's firmware. It has a PS/2 connector on one end and a USB connector on the other.

**Anexo4.** Elementos contenidos en el paquete del radiocontrol.

## 11 Product Specification

### 11.1 Transmitter specification (FS-i6X)

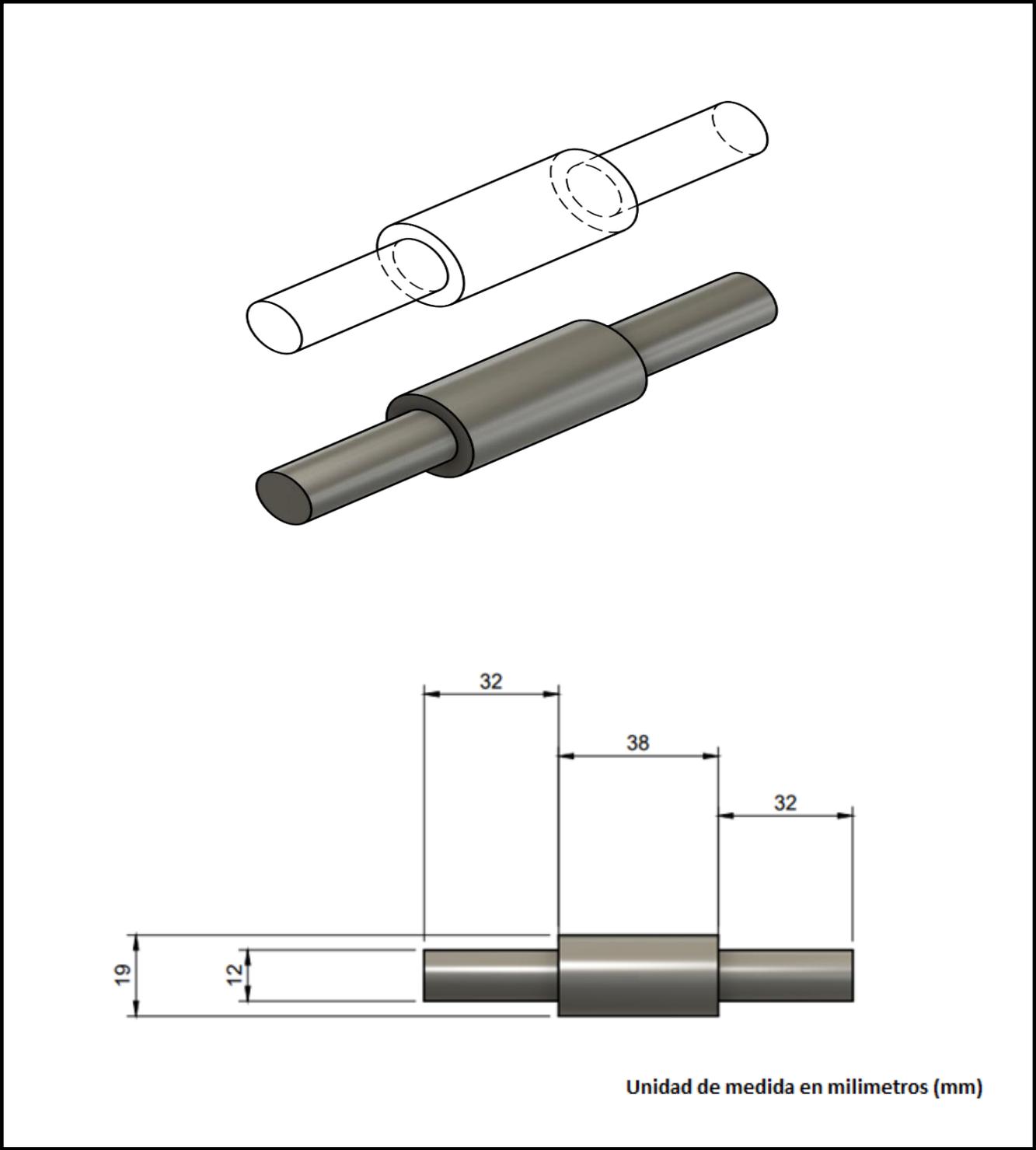
Channels	6-10 (Default 6)
Model Type	Fixed-Wing/Glider/HElicopter
RF Range	2.408-2.475GHz
RF power	< 20dBm
RF Channel	135
Bandwidth	500KHz
2.4GHz System	AFHDS 2A / AFDHS
Modulation Type	GFSK
Stick Resolution	4096
Low Voltage Warning	< 4.2V
DSC port	PS/2 Port PPM
Chargeable	No
Antenna Length	26mm(Dual Antenna)
Weight	392 g
Power	6V DC 1.5AA*4
Display	STNTransflective Display ,LCD128x64 Lattice , VA 73x 39mm , LCD with white backlight
Size	174x89x190mm
On-line Update	Yes
Color	Black
Certificate	CE0678 , FCC ID:N4ZFLYSKYI6X

### 11.2 Receiver specification (FS-iA6)

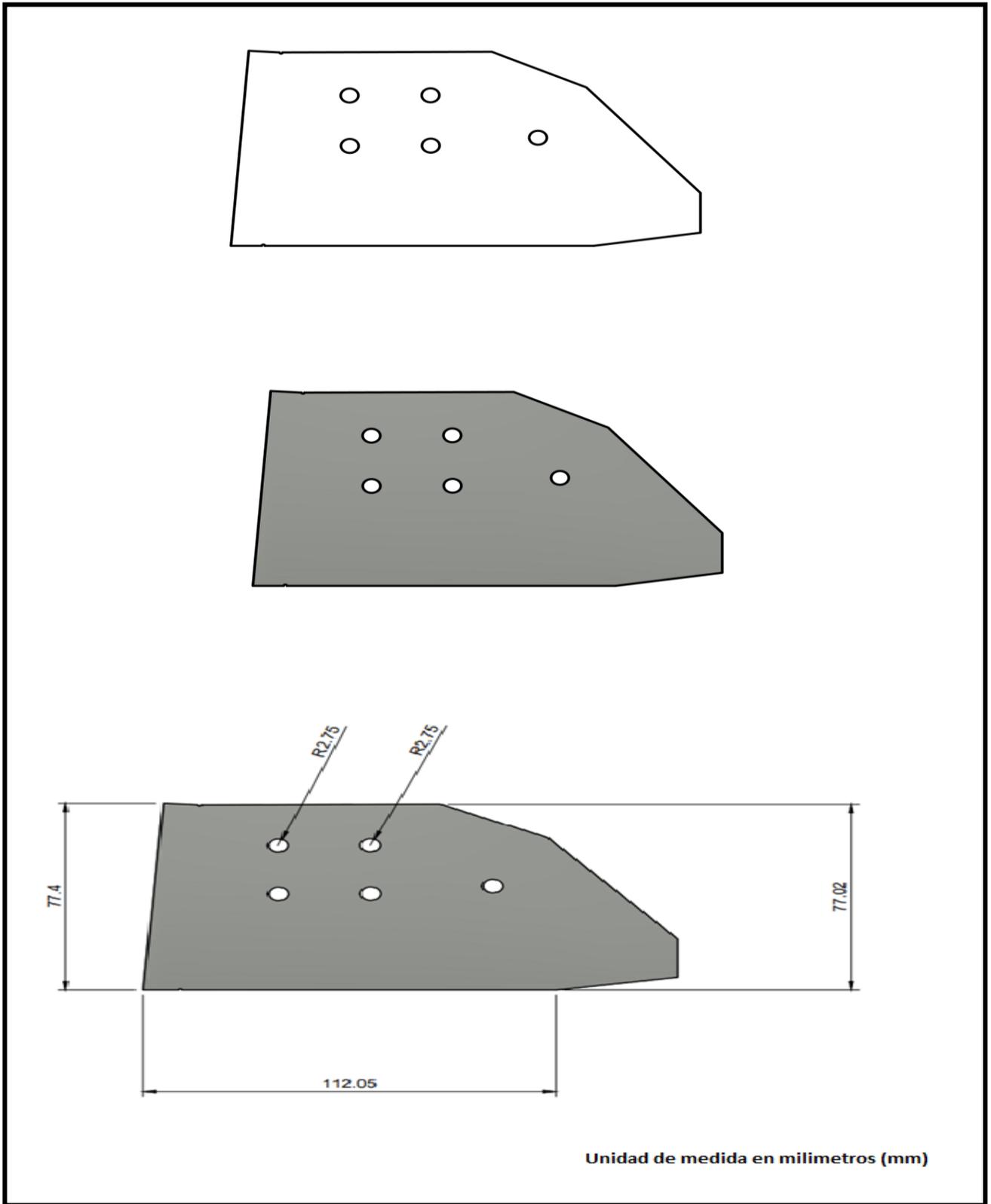
Channels	6
Model Type	Fixed-Wing/Glider/HElicopter
RF Range	2.408-2.475GHz
RF Channel	135
RF Receiver Sensitivity	- 105dBm
Bandwidth	500KHz
2.4GHz System	AFHDS 2A
Modulation Type	GFSK
Power	4.0~6.5V DC
Antenna Length	26mm(Dual Antenna)
Weight	7g
Size	40.4x21.1x15mm
i-BUS Port	No
Data Acquisition Port	No
Color	Black
Certificate	CE0678 , FCC ID:N4ZFLYSKYIA6

**Anexo5.** Especificaciones del control de transmisión y recepción del sistema.

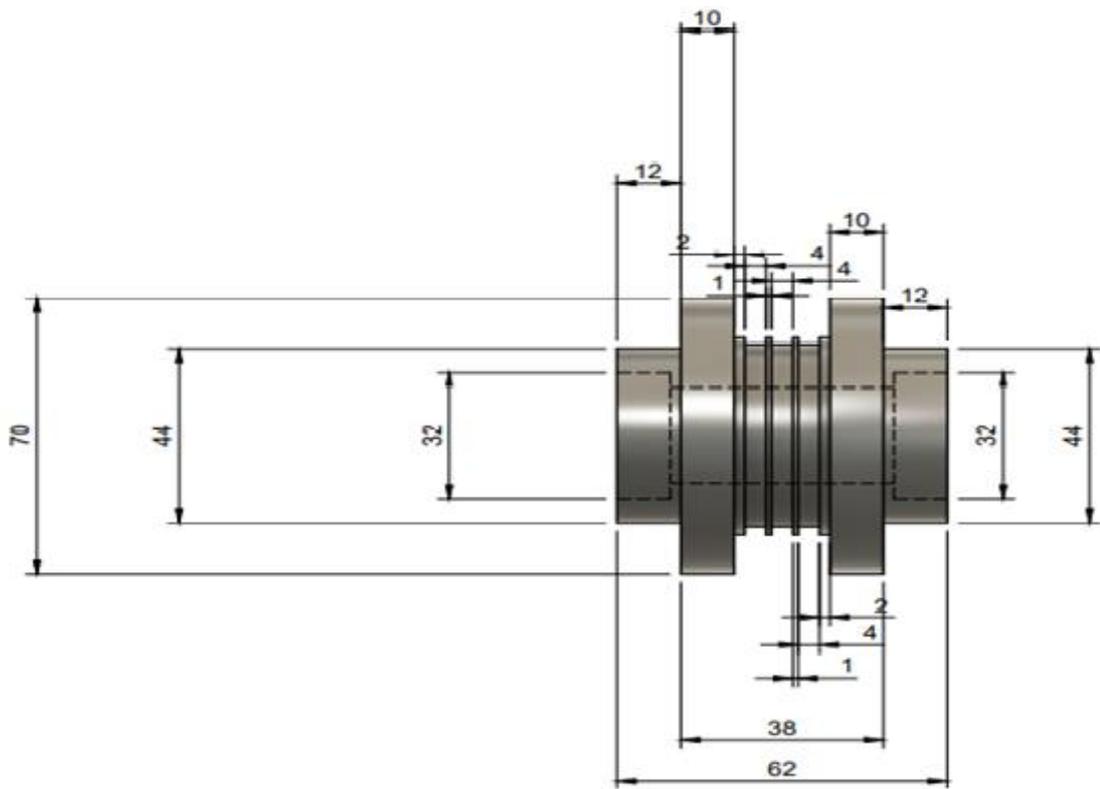
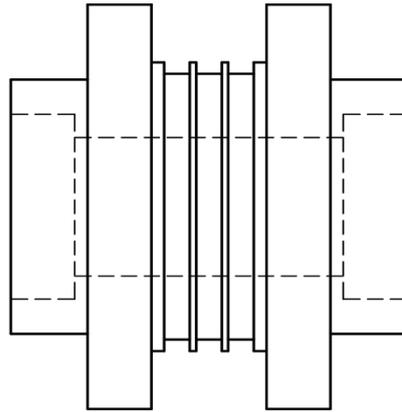
8.2 Planos de piezas reemplazables



Anexo6. Pieza de eje 12 lb

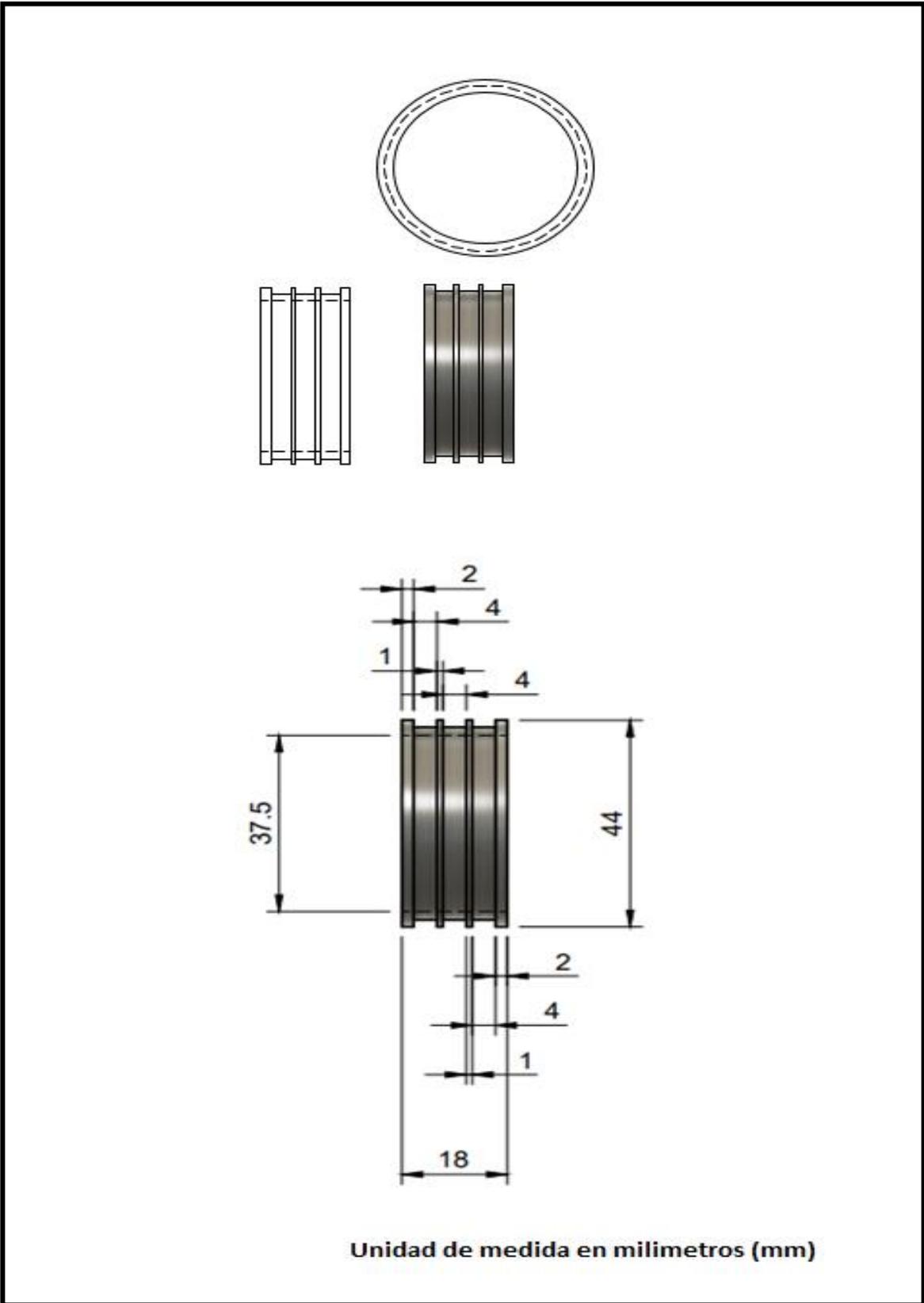


Anexo7. Pieza de escudo

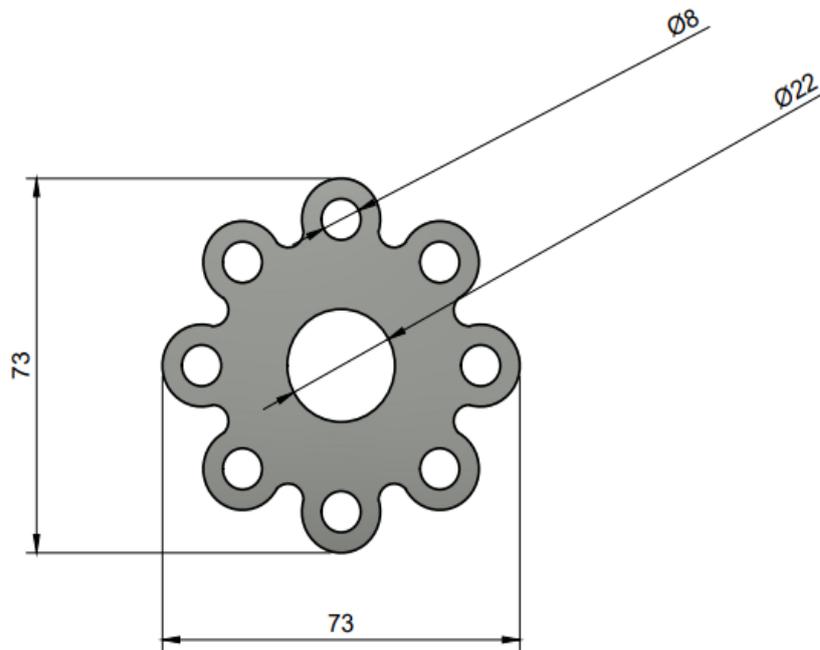
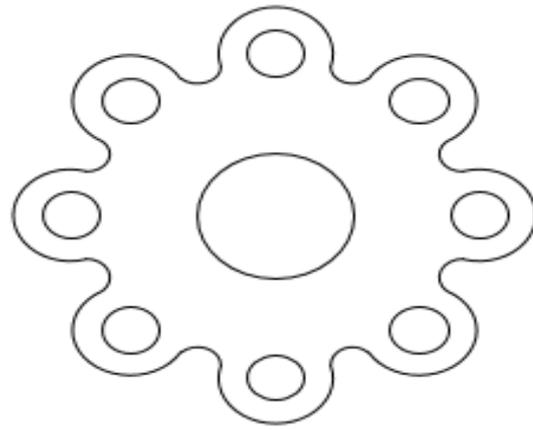


Unidad de medida en milímetros (mm)

Anexo8. Pieza de polea 12 lb

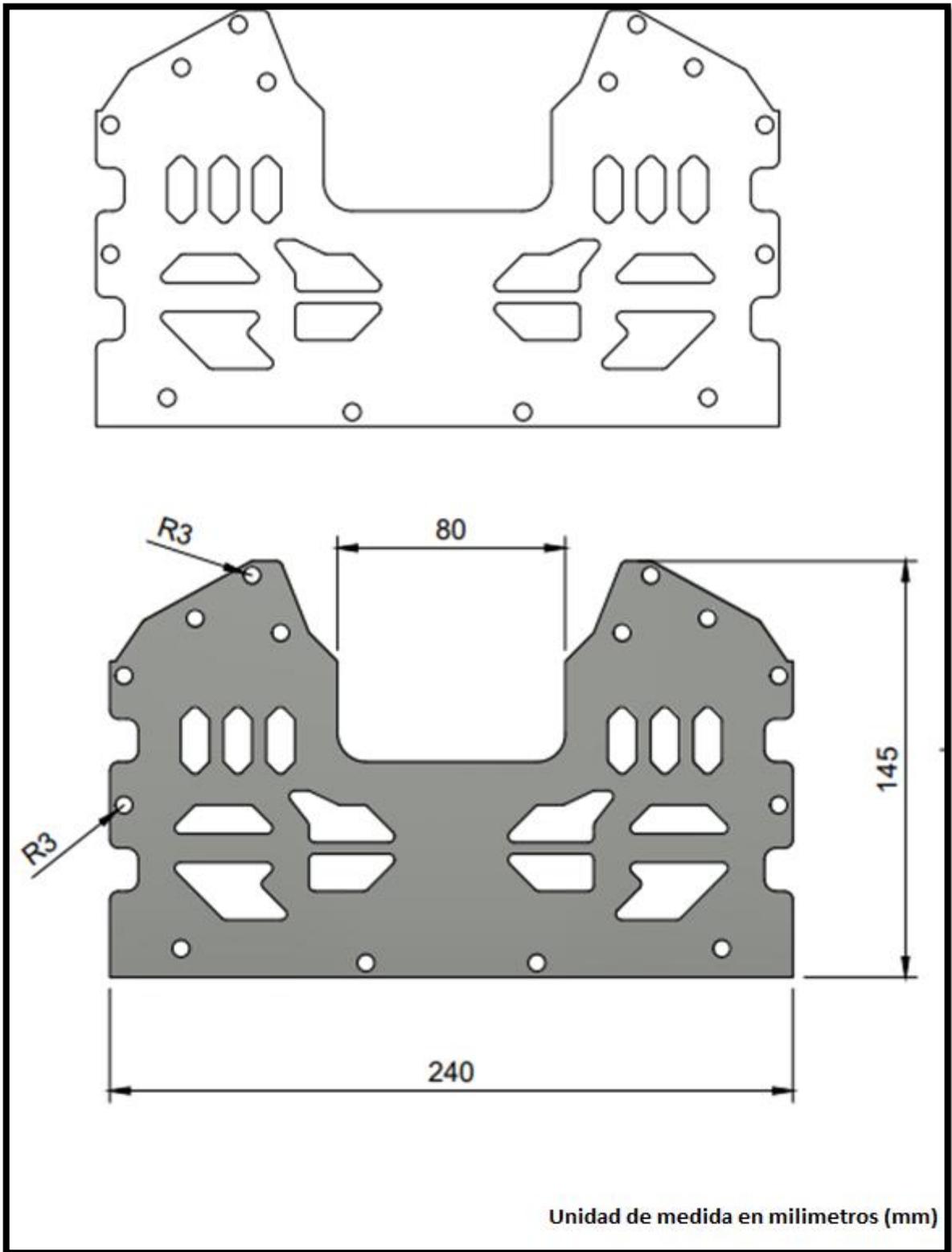


Anexo9. Pieza de polea motor 12 lv

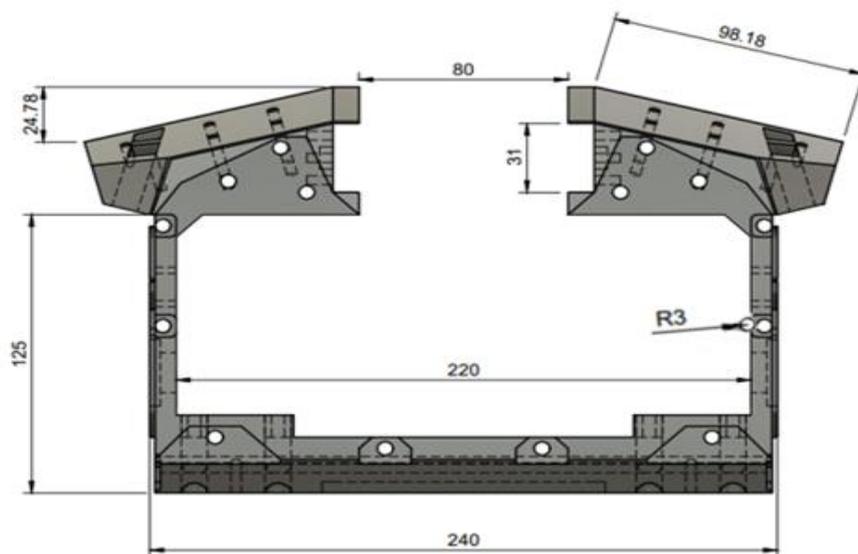
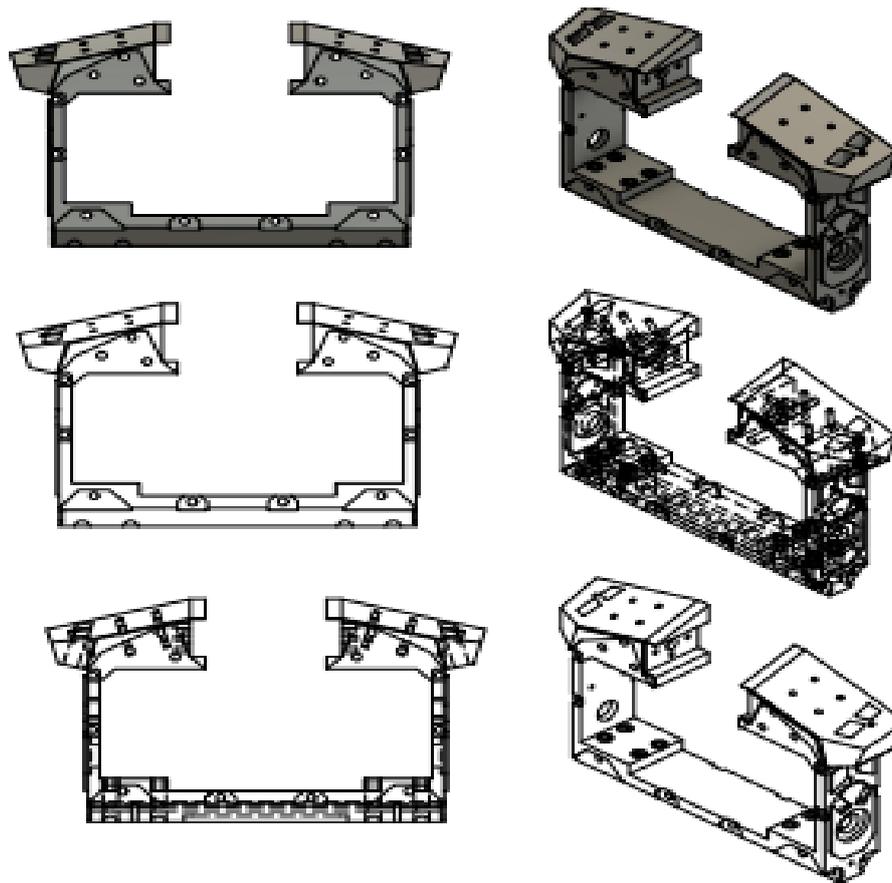


Unidad de medida: centímetros (cm)

**Anexo10.** Pieza acople arma 12 lb



**Anexo11.** Pieza de tapa



Unidad de medida en milímetros (mm)

Anexo12. Pieza estructura TPU