



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas**

**Carrera de Ingeniería en Mecatrónica**

**ROBOT TELEOPERADO PARA LA EXPLORACIÓN DE ESCOMBROS  
OCASIONADOS POR MOVIMIENTOS TELÚRICOS.**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica**

Autor:

Rosero Rosero, Cristhian David

Director:

PhD. Ojeda Peña, David Alberto

Ibarra - Ecuador

2024



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>Datos del Autor</b>			
Cédula de identidad	0401670153		
Apellidos y Nombres	Rosero Rosero, Cristhian David		
Dirección	Ibarra - 17 de Julio Y Miramontes.		
Email	cdroseror@utn.edu.ec		
Teléfono fijo	(06)-2986080	Teléfono móvil	0960925105
<b>Datos de la Obra</b>			
Tema	Robot teleoperado para la exploración de escombros ocasionados por movimientos telúricos.		
Apellidos y Nombres	Rosero Rosero, Cristhian David		
Fecha	23 de julio de 2024		
Programa	Pregrado		
Título por el que opta	Ingeniero en Mecatrónica		
Director	PhD. Ojeda Peña, David Alberto		



**Universidad Técnica del Norte**  
**Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas**  
**Constancias**

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de julio de 2024.

Rosero Rosero, Cristhian David

C.I: 0401670153



**Universidad Técnica del Norte**  
**Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas**  
**Certificación del director del trabajo de grado**

En mi calidad de director del trabajo de grado **“ROBOT TELEOPERADO PARA LA EXPLORACIÓN DE ESCOMBROS OCASIONADOS POR MOVIMIENTOS TELÚRICOS”**, presentado por el egresado Rosero Rosero, Crithian David , que opta por el título de ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.

Ibarra, 23 de julio de 2024

PhD. Ojeda Peña, David Alberto

Director de Tesis



**Universidad Técnica del Norte**  
**Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas**  
**Aprobación de Comité Calificador**

El Tribunal Examinador del trabajo de titulación “**ROBOT TELEOPERADO PARA LA EXPLORACIÓN DE ESCOMBROS OCASIONADOS POR MOVIMIENTOS TELÚRICOS**”, elaborado por Cristhian David Rosero Rosero, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte.



Ing. Ojeda Peña David Alberto, PhD.  
Director de Tesis



Ing. Cosme Damián Mejía Echeverría,  
MSc.  
Asesor de Tesis

## **Dedicatorias**

Dedico esta tesis a mi madre, Gloria Rosero, por su amor incondicional. A pesar de mis errores, siempre ha permanecido a mi lado, brindándome su amor y apoyo. Este logro no hubiera sido posible sin su fortaleza y fe en mí. Gracias.

A mis abuelos, pilares fundamentales en mi educación, cuya fortaleza y cariño han guiado cada uno de mis pasos. Su apoyo ha sido invaluable en mi vida.

A mis tíos y primos, quienes han apoyado cada uno de mis pasos en este camino, por siempre estar brindándome apoyo y alegría.

## **Agradecimientos**

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte y a los profesores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica por su apoyo y orientación constante a lo largo de mi formación académica. De igual manera, deseo agradecer al Ph.D. David Ojeda y al MSc. Cosme Mejía por su confianza, paciencia y apoyo como tutor y cotutor, respectivamente, durante la realización de este proyecto. Su guía y conocimientos fueron esenciales para alcanzar este logro.

# Índice general

<b>Identificación de la Obra</b>	<b>II</b>
<b>Constancias</b>	<b>III</b>
<b>Certificación del director del trabajo de grado</b>	<b>IV</b>
<b>Aprobación de Comité Calificador</b>	<b>V</b>
<b>Dedicatorias</b>	<b>VI</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>VII</b>
<b>Índice general</b>	<b>VIII</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>X</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>XII</b>
<b>Resumen</b>	<b>XIV</b>
<b>Abstract</b>	<b>1</b>
<b>Introducción</b>	<b>2</b>
<b>I. MARCO DE REFERENCIA Y TEÓRICO</b>	<b>6</b>
1.1. Marco de Referencia . . . . .	6
1.1.1. Antecedentes . . . . .	6

1.2. Marco Teórico . . . . .	8
1.2.1. Definición de robots en entornos de desastres. . . . .	8
1.2.2. Tipos de robots rescatistas . . . . .	9
1.2.3. Parámetros de evaluación de rescate . . . . .	15
1.2.4. Herramientas usadas en robots rescatistas . . . . .	18
1.2.5. Tipos de control empleados en robots móviles . . . . .	19
<b>II. MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>21</b>
2.1. Enfoque y tipo de investigación . . . . .	21
2.2. Diseño de la investigación . . . . .	21
<b>III. RESULTADOS y ANÁLISIS</b>	<b>24</b>
3.1. Especificaciones de requerimiento de usuario . . . . .	24
3.2. Alternativas de configuración del robot. . . . .	26
3.2.1. Alternativa 1 . . . . .	26
3.2.2. Alternativa 2 . . . . .	26
3.2.3. Alternativa 3 . . . . .	27
3.2.4. Alternativa 4 . . . . .	28
3.2.5. Selección de la mejor alternativa mediante el uso de ponderación de criterios. . . . .	29
3.3. Cálculo cinético de motores . . . . .	30
3.4. Sistema de comunicación . . . . .	32
3.5. Tecnologías Empleadas . . . . .	33
3.6. Estructura . . . . .	34
3.7. Componentes Utilizados . . . . .	36
3.7.1. Sistema de control . . . . .	36
3.7.2. Sistema de Navegación . . . . .	37
3.7.3. Componentes Electrónicos . . . . .	38
3.8. Sistema de alimentación . . . . .	41
3.8.1. Cálculos de Autonomía . . . . .	42

3.9. Análisis de materiales . . . . .	44
3.9.1. Pieza Superior 1 . . . . .	44
3.9.2. Pieza 2 . . . . .	45
3.10. Diagrama de conexiones . . . . .	47
3.11. Vista explosionada . . . . .	47
3.12. Especificaciones Funcionales . . . . .	49
3.12.1. Sistema de dirección del Robot . . . . .	49
3.12.2. Sistema de posicionamiento de la cámara . . . . .	51
3.13. Pruebas del prototipo . . . . .	52
3.13.1. Pruebas de movilidad . . . . .	53
3.13.2. Pruebas de esquivar obstáculos . . . . .	53
3.13.3. Pruebas de control de cámara . . . . .	54
3.13.4. Pruebas de control y comunicación . . . . .	54
<b>IV. Conclusiones, Recomendaciones y Trabajo a futuro</b>	<b>56</b>
4.1. Conclusiones . . . . .	56
4.2. Recomendaciones . . . . .	57
4.3. Trabajo a futuro . . . . .	58

# Índice de figuras

1.1. Sistema Rocker-Bogie. . . . .	7
1.2. Robot de diseño compacto. . . . .	7
1.3. Robot Packbot. . . . .	8
1.4. Robot rescatista Gemini Scout. . . . .	9
1.5. UGV THE TALON. . . . .	11
1.6. USV Protector. . . . .	12
1.7. USV-Cotenergy . . . . .	12
1.8. ROV 'ISIS', capaz de sumergirse hasta más de 5Km . . . . .	13
1.9. UAVs clasificados por sus capacidades de vuelo, (fuente AUVSI) . . . . .	14
1.10. Ejemplos de UAV de ala fija. . . . .	15
1.11. Movimientos posibles en la configuración diferencial. . . . .	15
1.12. Giro configuración Ackerman. . . . .	16
1.13. Triciclo clásico. . . . .	16
1.14. Sistema Omnidireccional. . . . .	17
1.15. Active Cord Mechanism III. . . . .	17
1.16. Estructura de aluminio. . . . .	18
1.17. Robot ARTU-R equipado con cámara infrarroja . . . . .	19
3.1. D.C.L . . . . .	30
3.2. Características de los motores. . . . .	32
3.3. Sistema de comunicación MQTT. . . . .	34
3.4. Características de la estructura prefabricada. . . . .	35

3.5. Estructura modificada. . . . .	36
3.6. Características Arduino Mega2560 Pro. . . . .	37
3.7. Características Raspberry pi 3. . . . .	37
3.8. Características del Puente H . . . . .	38
3.9. Características del módulo XL4016. . . . .	39
3.10. Características del módulo XL4015. . . . .	39
3.11. Características del servomotor MG996R. . . . .	40
3.12. Cámara Web Genius 1000X. . . . .	40
3.13. Luces LED . . . . .	41
3.14. Bocina . . . . .	41
3.15. Batería de 12v 7aH. . . . .	43
3.16. Análisis pieza superior 1. . . . .	44
3.17. Análisis de convergencia . . . . .	45
3.18. Análisis Estático . . . . .	46
3.19. Análisis de convergencia 2. . . . .	46
3.20. Diagrama de Conexiones. . . . .	47
3.21. Vista explosionada. . . . .	48
3.22. Ensamble Final. . . . .	49
3.23. Movimiento hacia adelante. . . . .	50
3.24. Movimiento hacia atrás. . . . .	50
3.25. Movimiento hacia atrás. . . . .	51
3.26. Movimiento hacia atrás. . . . .	51
3.27. Sistema de posicionamiento de cámara. . . . .	52
3.28. Pruebas Preliminares. . . . .	52
3.29. Pruebas de movilidad. . . . .	53
3.30. Pruebas de esquivar obstáculos. . . . .	54
3.31. Prueba de control de cámara. . . . .	54
3.32. Pruebas. . . . .	55

# Índice de tablas

3.1. Ventajas y desventajas de la configuración Triciclo Clásico. . . . .	26
3.2. Ventajas y desventajas de la configuración Ackerman . . . . .	27
3.3. Ventajas y desventajas de la configuración Omnidireccional. . . . .	27
3.4. Ventajas y desventajas de la configuración Diferencial. . . . .	28
3.5. Tabla de ponderación de criterios. . . . .	29
3.6. Comparación de los sistemas de comunicación inalámbrica . . . . .	33
3.7. Consumo de componentes usados . . . . .	42
3.8. Lista de Partes . . . . .	48

## Resumen

El presente trabajo de investigación se enfoca en el diseño y construcción de un robot teleoperado para la exploración de escombros ocasionados por movimientos telúricos, con el fin de brindar ayuda en operaciones de rescate. El desafío principal es la dificultad de acceder a sitios afectados por sismos donde el ingreso de grupos enfocados en búsqueda y rescate sea peligroso, lo cual es un punto clave para hallar personas que se encuentren aún con vida bajo los escombros, debido a que el tiempo es crucial para la vida del sobreviviente.

El enfoque metodológico usado incluye el uso de diversos controladores como Raspberry Pi y Arduino, además una plataforma MQTT para la comunicación y una aplicación móvil para que el usuario controle el robot. Los resultados revelan que una conexión de red estable es clave para que el robot pueda dar un rendimiento pleno y sin interrupciones. Se identificó que el uso de una estructura de aluminio es la mejor opción gracias a su peso ligero y gran resistencia, el uso de una configuración diferencial apoyada de un sistema de locomoción por orugas es ideal para el desplazamiento en terrenos irregulares.

El desarrollo de este tipo de robots es fundamental para las labores de rescate en entornos catastróficos donde el ingreso a lugares inestables sea un riesgo inminente para la vida de los equipos de rescate.

**Palabras clave:** Robot teleoperado, Rescate, Movimientos telúricos.

## **Abstract**

The present research work focuses on the design and construction of a teleoperated robot for the exploration of debris caused by earthquakes, in order to provide assistance in rescue operations. The main challenge is the difficulty of accessing sites affected by earthquakes where the entry of groups focused on search and rescue is dangerous, which is a key point to find people still alive under the rubble, because time is crucial for the life of the survivor.

The methodological approach used includes the use of various controllers such as Raspberry Pi and Arduino, as well as an MQTT platform for communication and a mobile application for the user to control the robot. The results reveal that a stable network connection is key for the robot to give full and uninterrupted performance. It was identified that the use of an aluminum structure is the best option due to its light weight and high resistance, the use of a differential configuration supported by a tracked locomotion system is ideal for movement on uneven terrain.

The development of this type of robot is essential for rescue work in catastrophic environments where entering unstable places is an imminent risk for the lives of rescue teams.

***Keywords:*** Teleoperated Robot, Rescue, Earthquakes.

# Introducción

## Planteamiento del problema

Al momento en el cual sucede un desastre natural de tipo terremoto se desata el problema de la búsqueda y rescate de las personas que han sido afectadas, adicional a eso se suman las dificultades presentadas al encontrarse en un espacio reducido y terrenos donde no es posible una completa exploración por parte de los organismos de rescate. Un claro ejemplo de ello fue el sismo ocurrido en el Ecuador el 16 de abril de 2016, el cual dejó un saldo de 671 personas muertas y 12 desaparecidas [1].

Luego de un sismo el poder explorar terrenos donde los organismos de rescate no pueden ingresar con facilidad es un factor clave al momento de encontrar personas con vida, además cada minuto que las personas pasen sin ser localizadas reduce drásticamente sus probabilidades de sobrevivir. Existen informes de gente que ha sobrevivido bajo los escombros por más de dos semanas pero que dichos casos son raros [2]

Con la finalidad de mitigar dichos problemas, se plantea la construcción de un robot explo-

rador que ayude a los organismos de rescate a localizar a las personas que se encuentren aún con vida y que hayan quedado atrapadas entre los escombros luego de un terremoto. El robot debe ser capaz de movilizarse por lugares de difícil acceso o peligrosos para los encargados de rescate; además, el mismo permitirá disminuir el tiempo que toma encontrar personas bajo los escombros, aumentando de esta manera las probabilidades de supervivencia.

## **Objetivos**

### *Objetivo General*

Desarrollar un robot teleoperado para la exploración de escombros por movimientos telúricos.

### *Objetivos Específicos*

- Identificar los principales tipos de robots rescatistas usados en terremotos.
- Diseñar un robot con flexibilidad en su desplazamiento.
- Construir el robot diseñado.
- Validar el desempeño del robot explorador mediante diversas pruebas de funcionamiento

## **Justificación**

Los desastres causados por terremotos son un riesgo el cual siempre está presente en la sociedad; además, la poca intervención en los avances tecnológicos que pueden ser de mucha

ayuda para la exploración y posterior ubicación de personas que han quedado atrapadas genera una problemática que debe ser atendida. La mejora tecnológica en este campo permitirá a los organismos de búsqueda y rescate a cumplir su labor de manera satisfactoria.

En el diseño y construcción del robot, los puntos de interés son la resistencia del robot debido a las condiciones a las cuales va a ser expuesto y la comunicación que debe ser estable en todo momento para su correcto funcionamiento.

### **Alcance**

El robot deberá ser resistente puesto que va a estar expuesto a las condiciones que se presentan ante un terremoto.

Las configuraciones de robots móviles más utilizadas son: Ackerman (al efectuar un giro, la rueda interior describa un ángulo mayor que la exterior), triciclo (las ruedas traseras proporcionan propulsión y la rueda delantera tracción) y diferencial (cuenta con dos ruedas que giran de forma independiente). El robot explorador será desarrollado con una de estas tres configuraciones. El robot contará con una estructura resistente, así como también podrá ser capaz de ingresar en lugares de al menos 108 cm, donde no puedan ingresar el personal de rescate o sea muy peligroso su ingreso, el propósito principal de la implementación del robot explorador es de proveer con una herramienta tecnológica a los organismos de rescate para que puedan salvar la mayor cantidad de vidas posibles

El diseño del robot será realizado en un software con licencia estudiantil, en el cual se realizarán las simulaciones de elementos finitos que permitirán determinar la resistencia; mientras que, el control será implementado en una placa embebida open source, la cual se encargará del manejo tanto del 3 movimiento, sensores y actuadores. Finalmente, para la comunicación entre el robot y la base de operaciones, se empleará un módulo de red inalámbrica con conexión estable que garantice la operabilidad en todo momento del robot.

# Capítulo I

## MARCO DE REFERENCIA Y TEÓRICO

### 1.1. Marco de Referencia

#### 1.1.1. Antecedentes

Según el estudio de Piñeres [3]. En 2020, la eminente evolución junto con la sinergia de los aparatos electrónicos, máquinas y robots son uno de los mayores avances de la humanidad ya que forman parte de la vida cotidiana de las personas, siendo de notable utilidad su uso en ámbitos militares, pero donde han cobrado mayor relevancia es en el rescate y localización de personas que han quedado atrapadas luego de un suceso catastrófico.

El tiempo empleado en localizar a una víctima es un punto crítico en cuanto a la supervivencia de una persona afectada se refiere, la diferencia de tan solo minutos puede marcar una brecha entre la vida y la muerte de aquellas personas atrapadas entre los escombros, El desarrollo de tecnologías de búsqueda y rescate genera una mayor eficiencia y velocidad de reacción de las personas involucradas en la búsqueda de supervivientes. En 2021, Renzo [4], afirma que la implementación de tecnología robótica permite disminuir el tiempo de localización de las víctimas para que los bomberos y rescatistas pueden llegar al área del siniestro en el menor tiempo posible es de vital importancia.

La correcta implementación de varios sistemas de locomoción es vital para que los robots de rescate puedan operar en los diferentes terrenos, que podrían llegar a ser tanto terrenos de difícil acceso hasta estructuras colapsadas o a punto de colapsar, debido a la variada cantidad

de sistemas de locomoción que existen los robots deben tener la capacidad de movilizarse de manera eficiente y rápida a la hora de ser utilizados en misiones de búsqueda y rescate.

Tanto las características del entorno donde va a ser desplegado el robot como las necesidades de usuario y las capacidades técnicas juega un papel fundamental al seleccionar el sistema de locomoción ideal para el robot. En el estudio realizado por Quezada [5], en 2014, el uso del mecanismo Rocker-Bogie permite que las ruedas estén a una mayor elevación, por consecuencia el robot puede movilizarse por obstáculos de mayor tamaño consiguiendo desplazarse mejor manera en ambientes con superficies irregulares.

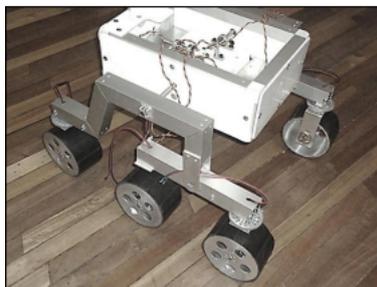


Figura 1.1: Sistema Rocker-Bogie.  
[5]

En el momento de la construcción del robot de rescate, la selección de materiales es un punto que no se debe dejar a un lado. La durabilidad, la resistencia, el peso, entre otros, afectan de manera directa tanto en la operación como en el manejo del robot en entornos hostiles. Rodríguez y otros [6], en 2017, mencionan la construcción de un robot con alta resistencia a golpes y poco peso, además de un diseño compacto en el cual se aprovecha cada espacio de la estructura.

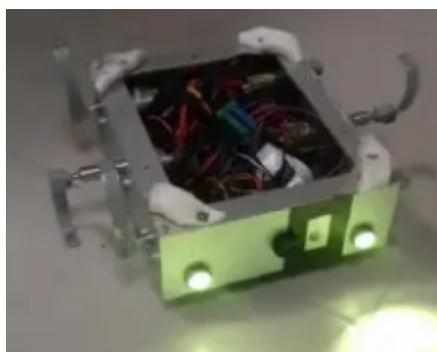


Figura 1.2: Robot de diseño compacto.  
[6]

En el estudio realizado por Bermúdez y otros [7], en 2004, se presenta la idea de que con ayuda de los avances tecnológicos, los robots son las herramientas necesarias para trazar los obstáculos ocasionados después de una catástrofe natural. Son una herramienta que ayuda a los equipos de rescate en la localización de víctimas que se encuentren en lugares de difícil acceso, sin que ellos mismos sufran un percance inesperado.



Figura 1.3: Robot Packbot.  
[7]

La combinación de diferentes factores críticos está estrechamente ligada al funcionamiento del robot en los diversos entornos donde vaya a ser desplegado. Desde la correcta selección de un sistema de locomoción que permita al robot sortear los diferentes obstáculos presentes en el entorno de rescate, hasta la elección de materiales ideales que favorezcan la resistencia y durabilidad del robot. El oportuno uso de robots para el rescate y la localización de personas puede marcar la diferencia entre la vida y la muerte de los sobrevivientes después de una situación de rescate. Asimismo, el uso de estos equipos tecnológicos aporta un nivel extra de seguridad para los organismos que están prestando ayuda en el momento del rescate.

## 1.2. Marco Teórico

### 1.2.1. Definición de robots en entornos de desastres.

Tanto transporte, detección y ayuda médica de sobrevivientes en cualquier punto de las distintas operaciones de rescate gracias a la intervención de tecnología robótica, sin importar el terreno donde se lleve a cabo puede definirse como robótica de rescate [8].

Reddy y otros [9], en 2015, afirma que un robot de rescate es capaz de localizar víctimas, ayudar con los primeros auxilios e informar al equipo de rescate de posibles sobrevivientes además de poder maniobrar por distintos lugares donde ocurrió el desastre y ser resistente para aguantar las condiciones ambientales donde va a suceder el rescate.

En 2015, Cubillos [10]. Menciona que los robots de rescate son construidos con el propósito de brindar un soporte o ayuda a los socorristas en escenarios donde la vida de estos últimos este en riesgo, la principal meta de estos aparatos tecnológicos es aumentar las probabilidades de encontrar personas con vida luego de un suceso catastrófico, aumentando la eficiencia de los equipos de rescate presentes en el suceso. Tanto en el atentado de las torres gemelas en el año 2001 como en los desastres mineros de Piker River destaco el uso de robots de rescate para la localización y ayuda de personas bajo los escombros.

Un campo emergente de la robótica móvil es la robótica de rescate, cuyo principal objetivo es impulsar el uso de herramientas tecnológicas para que los organismos de rescate tengan un menor tiempo de respuesta ante situaciones de riesgo, mejorando la eficacia de la etapa de búsqueda y salvando a una mayor cantidad de personas en el menor tiempo posible, sin necesidad de que los rescatistas pongan en peligro su vida [11].

El campo de los robots de rescate se encuentra en constante cambio, por lo cual los robots pueden llevar a cabo diferentes tareas, como búsqueda, mapeo, rescate o inspección estructural. Las características, tamaño y movilidad que debe tener el robot móvil pueden estar sujetas al tipo de desastre donde será desplegado [12].



Figura 1.4: Robot rescatista Gemini Scout.  
[9]

### 1.2.2. Tipos de robots rescatistas

Los vehículos de rescate no tripulados, que pueden ayudar en situaciones de rescate ocurridas en minas subterráneas. Se revela la existencia de una amplia gama de robots de rescate, cada uno de los cuales se caracteriza por su capacidad para desempeñar un papel crucial en diversas situaciones de emergencia. Desarrollados con tecnologías avanzadas y funciones específicas,

estos robots representan una innovación crucial en el campo de la ayuda en casos de desastre y la búsqueda y rescate [9, 13].

- Vehículos terrestres no tripulados (UGV).
- Vehículos de superficie no tripulados (USV).
- Vehículos submarinos no tripulados (UUV).
- Vehículos aéreos no tripulados (UAV).

### **Vehículos terrestres no tripulados (UGV)**

En 2017, para Vargas y otros [14], un vehículo terrestre no tripulado (UGV) es un vehículo el cual tiene contacto permanente con el terreno sin requerir la presencia de humanos a bordo existen 2 tipos vehículos terrestres no tripulados los que son controlados de manera remota según las acciones de un ser humano mediante un enlace de comunicación, todos los movimientos son dirigidos por el operador gracias a la información dada por los diferentes sensores del robot como lo pueden ser vídeo remoto, línea de visión, u otros sensores.

La historia y uso de los Vehículos terrestres no tripulados (UGV) data desde el año 1930 donde la URSS uso un UGV para poder transportar munición dentro del campo de batalla, siendo este un pequeño tanque manejado remotamente por un operario que se encontraba seguro dentro de un tanque de guerra convencional, desde aquella época hasta la actualidad la función de los UGV se ha ido transformando para llevar a cabo tareas como soporte en situaciones de rescate, reconocimiento de terreno y ayuda en operaciones de localización de personas luego de desastres [15].

El diseño de los diferentes vehículos UGV puede variar de acuerdo con las necesidades o aspectos del terreno donde vaya a ser desplegado, pero de manera general debe incluir sensores que sean capaces de proveer una percepción inmediata del terreno y una plataforma de locomoción ideal para el movimiento del robot. El control varía dependiendo de su autonomía, desde algoritmos de control simples hasta complicados sistemas de redes neuronales. La interfaz hombre-máquina, de igual manera, se adapta a la necesidad y puede ser desde un simple joystick hasta un centro de control complejo [16].



Figura 1.5: UGV THE TALON.  
[15]

### **Vehículos de superficie no tripulados (USV)**

“Unmanned Surface Vehicle” (USV), por sus siglas en inglés, son vehículos de superficie no tripulados, los cuales, a diferencia de un barco convencional, no requieren la presencia de tripulantes y están guiados por un operario de manera remota o autónoma. Los vehículos USV pueden tener diferentes aspectos, los cuales pueden ir desde un simple barco, canoa, balsa o bote. Están propulsados por motores de explosión y cuentan con diferentes sensores como sonares, radares, sistemas de vídeo y fotografía. Incluso existen aquellos que incorporan una ametralladora con fines militares [17].

Cuando la operación remota o autónoma de vehículos sobre la superficie de espacios cubiertos de agua es un tema importante, el uso de vehículos de superficie no tripulados (USV) se ha convertido en una herramienta fundamental. Las aplicaciones de estos vehículos pueden ser de índole científicas, temas militares o usos industriales. Estos vehículos se pueden utilizar en patrullas costeras, misiones de apoyo a vehículos submarinos, investigaciones oceanográficas, vigilancia o controles de contaminación [18].



Figura 1.6: USV Protector.

[17]

Como ejemplo de un Vehículos de superficie no tripulados (USV) tenemos al USV-Cotenergy que es una no tripulada con casco de aluminio, de propulsión eléctrica para desarrollo de operaciones de vigilancia en ríos secundarios y terciarios hasta de 60 cm de profundidad que cuenta con paneles solares para la recarga de las baterías de los sistemas de navegación, control y comunicaciones[19].



Figura 1.7: USV-Cotenergy

[19]

### **Vehículos submarinos no tripulados (UUV)**

En 2023, según Pérez Collazo y otros [20], existen diferentes tipos de vehículos submarinos no tripulados (UUV). Están los vehículos operados remotamente, o (ROV) por sus siglas en inglés, que son controlados por un operario que se encuentra dentro de un submarino o desde la superficie. Generalmente, estos vehículos mantienen conexión con la unidad nodriza mediante un cable de conexión umbilical, el cual proporciona datos y energía para su uso. También existen los vehículos submarinos autónomos, o (AUV) por sus siglas en inglés, los cuales operan sin necesidad de un cable de conexión directa con la unidad nodriza. A diferencia de los ROV,

estos pueden operar a distancias más largas, suprimiendo el problema de poder enredarse con su cable. Sin embargo, los AUV tienen mayor peso y una menor capacidad de trabajo en cuanto a reservas de energía se refiere. Dentro de estos últimos están los denominados gliders, los cuales carecen de un sistema de propulsión activo y se desplazan gracias a la fuerza de sustentación que les proporcionan sus alas.

El despliegue de los UUV puede realizarse desde diferentes plataformas como barcos de superficie, submarinos, instalaciones costeras o desde una aeronave tripulada. Sus principales usos, tanto civiles como militares, son: vigilancia y reconocimiento de inteligencia (ISR), guerra antisubmarina (ASW), Oceanografía/Hidrografía, Contramedidas Mineras (MCM), Entrega de carga útil, apoyo logístico, búsqueda y rescate de submarinos [21, 20].

En cuanto al tamaño y peso de los Vehículos submarinos no tripulados, existen los que llegan a pesar hasta tres toneladas o más y soportan inmersiones de cinco kilómetros de profundidad, como el ROV 'ISIS'. También existen vehículos que no superan los 20 cm de diámetro y pesan apenas un par de kilos, los cuales son capaces de inspeccionar dentro de tuberías submarinas [22].



Figura 1.8: ROV 'ISIS', capaz de sumergirse hasta más de 5Km [22]

### **Vehículos aéreos no tripulados (UAV)**

En 2007, como menciona Barrientos y otros [23], se considera una aeronave no tripulada (UAV) a una aeronave que puede realizar misiones sin tripulación a bordo. Cabe recalcar que

esto no excluye la presencia de un operador, piloto u otros controladores de misión que dirijan su navegación. También es necesario definir los sistemas aéreos autónomos (AAS: Autonomous Aerial System), los cuales, sin necesidad de operarios humanos, son capaces de completar misiones.

Categoría	Acronimo	Alcance (km)	Altitud de vuelo (m)	Autonomía (horas)	Carga máxima despegue (kg)	Tipo de aeronave
Micro	μ(Micro)	< 10	250	1	< 5	H,A,otros
Mini	Mini	< 10	150 a 300	< 2	< 30	H,A, P, Otros
Alcance cercano	CR	10 a 30	3.000	2 a 4	150	H,A,P,Otros
Alcance corto	SR	30 a 70	3.000	3 a 6	200	A,Otros
Alcance medio	MR	70 a 200	5.000	6 a 10	1.250	A, Otros
Altitud baja Penetración profunda	LADP	> 250	50 a 9.000	0,5 a 1	350	A
Autonomía media	MRE	> 500	8.000	10 a 18	1.250	A,H
Autonomía alta Altitud baja	LALE	> 500	3.000	> 24	< 30	A
Autonomía alta Altitud media	MALE	> 500	14.000	24 a 48	1.500	A,H
Autonomía alta Altitud alta	HALE	> 2000	20.000	24 a 48	12.000	A
Combate	UCAV	aprox. 1500	10.000	aprox. 2	10.000	H,A
Ofensivo	LETH	300	4.000	3 a 4	250	A
Señuelo	DEC	0 a 500	5.000	< 4	250	A,H
Estratosférico	STRATO	> 2000	Entre 20.000 y 30.000	> 48	ND disponible) (no	A
Exo-estratosférico	EXO	ND	> 30.000	ND	ND	A

Figura 1.9: UAVs clasificados por sus capacidades de vuelo, (fuente AUVSI) [23]

En 2015, según Carrasco [24], existen dos tipos de vehículos aéreos no tripulados: los de ala fija y los de ala rotatoria. Los de ala fija se caracterizan por poseer una estructura simple, con una eficiencia aerodinámica alta que permite a la aeronave tiempos de vuelo más largos a una velocidad elevada. Poseen una autonomía de alrededor de una hora de vuelo con velocidades que pueden alcanzar hasta los 100 km/h, por lo que son capaces de cubrir grandes extensiones de terreno. Los de ala rotatoria, por otro lado, son aeronaves más complejas que requieren de una o más hélices impulsadas por un motor para su despegue y maniobrabilidad. Estos son más lentos, con un rango de vuelo de 60 km/h, pero a diferencia de los UAVs de ala fija, proporcionan un despegue y aterrizaje vertical.



Figura 1.10: Ejemplos de UAV de ala fija.  
[24]

### 1.2.3. Parámetros de evaluación de rescate

#### Capacidad de maniobra y movilidad

La gran diferencia en el grado de maniobrabilidad de los robots móviles se debe a los diversos tipos de sistemas de movilidad que existen, los cuales van desde la locomoción biomecánica hasta la locomoción por ruedas u orugas. Estos últimos tienen diferentes tipos de configuración, siendo: Ackerman, omnidireccional, diferencial y triciclo clásico [25, 26, 27].

**Sistema Diferencial:** Este sistema cuenta con dos ruedas fijas que limitan el tipo de movimiento a efectuarse. Solo son posibles rotaciones alrededor del punto central del eje de las ruedas, así como traslaciones en sentido longitudinal. La combinación de estos dos movimientos es capaz de generar rotaciones del robot en cualquier punto de la línea del eje de las ruedas. Los movimientos posibles que puede efectuar el sistema diferencial están expresados en la Figura 1.11 [28].

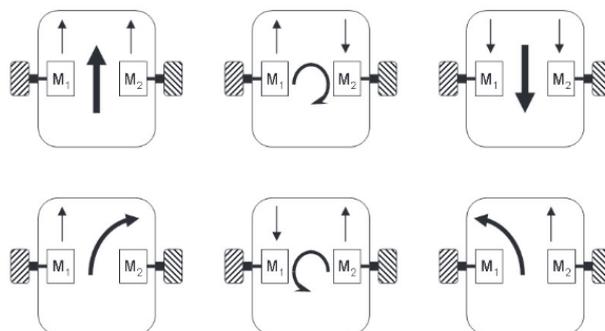


Figura 1.11: Movimientos posibles en la configuración diferencial.  
[28]

**Sistema Ackerman:** El sistema de locomoción Ackerman está basado en el uso de cuatro ruedas, donde las dos ruedas delanteras sirven para dar dirección al robot móvil y las dos ruedas traseras son las encargadas de generar tracción para el movimiento en los distintos tipos de terreno. A diferencia del sistema diferencial, que es capaz de girar en su propio eje debido al control individual de los motores en sus llantas u orugas, el sistema Ackerman no es capaz de girar en su propio eje, ya que sus llantas de tracción están conectadas a un mismo eje [29].

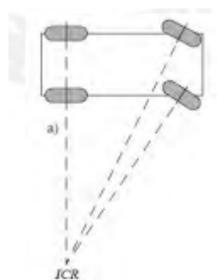


Figura 1.12: Giro configuración Ackerman.  
[29]

**Sistema Triciclo clásico:** Según Baturone [30], en 2005, este sistema se compone de tres ruedas. La principal se encuentra en su parte delantera y sirve tanto para la tracción como para la dirección del robot móvil, mientras que sus dos ruedas traseras giran libremente. Este sistema posee una mayor capacidad de maniobra que el sistema Ackerman, pero presenta problemas de estabilidad.

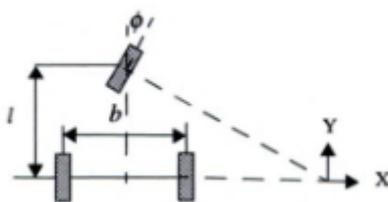


Figura 1.13: Triciclo clásico.  
[30]

**Sistema Omnidireccional:** Puede llegar a tener dos, tres o más ruedas, las cuales pueden ser universales o mecanum, según las necesidades del robot. Se destaca por tener una mayor maniobrabilidad en el plano, es decir, a diferencia de los sistemas anteriores, este no necesita girar o reorientarse para llegar al punto de destino [31].

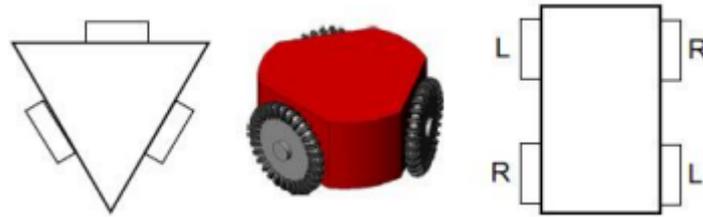


Figura 1.14: Sistema Omnidireccional.  
[31]

**Sistema Biomecánico:** Hace referencia a la implementación de un sistema de locomoción inspirado en los principios biomecánicos, es decir, imitando los movimientos de los seres vivos, en su mayoría animales. Por ejemplo, en 2011, Garzón [32], menciona los robots serpiente, cuyo movimiento se asemeja al de esta especie. Estos robots poseen más de 30 grados de libertad y están conformados por múltiples segmentos. En este tipo de robot, las articulaciones deben ser activas y en su mayoría poseen accionamientos eléctricos. Este sistema de locomoción permite su uso en terrenos mucho más complejos.



Figura 1.15: Active Cord Mechanism III.  
[32]

### Resistencia al entorno

No se puede subestimar la importancia de que un robot explorador sea resistente y duradero en entornos de rescate, ya que estos aspectos son fundamentales para su rendimiento general. En 2013, como describen Almeida y otros [33], según sus necesidades, el uso de una estructura de aluminio prefabricada es una excelente opción para su aplicación en el chasis de un robot explorador. Esto se debe a que el aluminio es un material resistente, duradero y liviano, ideal

para las diferentes misiones de búsqueda, localización y rescate en terrenos de difícil acceso y bajo condiciones extremas.



Figura 1.16: Estructura de aluminio.  
[33]

### **Autonomía**

La eficiencia del consumo energético juega un papel importante durante una tarea de localización y rescate de víctimas luego de un desastre natural. Esto se debe a que la principal tarea que cumple el robot es disminuir el tiempo para encontrar personas que puedan estar atrapadas, por lo que se debe evitar a toda costa la insuficiencia energética del dispositivo [34].

#### **1.2.4. Herramientas usadas en robots rescatistas**

**Cámaras Térmicas:** En 2022, Cruz [35] manifiesta que en entornos de rescate, las cámaras térmicas e infrarrojas son usadas para la detección autónoma de las víctimas con vida en situaciones de emergencia, luego de un desastre natural o en entornos de ataques, en situaciones donde existen personas en situación de riesgo después del colapso de estructuras o zonas de difícil acceso para los rescatistas. En este contexto, las cámaras se usan para localizar a las personas mediante la detección del calor corporal, lo que permite a los organismos de rescate localizar a las víctimas de manera más rápida. En el escrito también se hace mención de la utilización de las redes neuronales en conjunto con el robot ARTU-R, el cual lleva consigo una cámara infrarroja para llevar a cabo la detección de víctimas en ambientes hostiles.



Figura 1.17: Robot ARTU-R equipado con cámara infrarroja [35]

**Sistema de Vídeo:** En 2019, según Cevallos [36], la presencia de un sistema de vídeo es importante, ya que permite realizar una evaluación primaria del terreno donde se llevará a cabo la misión de rescate, determinando si es posible la infiltración de los organismos de rescate. También permite detectar el movimiento de posibles personas que hayan quedado atrapadas bajo los escombros.

**Sistema de Comunicación Bidireccional:** La herramienta principal de este robot diseñado para la búsqueda y rescate es el sistema de comunicación bidireccional, cuya función principal es la detección de señales acústicas como gritos o golpes así mismo al ser bidireccional permite proporcionar información crucial desde los organismos de rescate hacia las personas su aplicación principal es la localización de personas las cuales emiten sonidos de socorro [27, 36].

### 1.2.5. Tipos de control empleados en robots móviles

Los robots se clasifican en autónomos o no guiados y en guiados o teleoperados. El control de los robots móviles se refiere a la manera en la que estos son dirigidos ante diversos obstáculos. Existen varios tipos de control, cada uno de los cuales puede ser elegido considerando la complejidad de las tareas que el robot vaya a realizar [37]. Los tipos de control más comunes son:

**Control Manual o Teleoperado:** Según Echevarría y otros [38], el control por teleoperación implica operar un dispositivo desde una estación remota, mediante la intervención humana de un operario. Para el uso de equipos sofisticados, se recurre a sistemas de transmisión de imágenes. Este tipo de control es ampliamente utilizado en misiones donde el acceso sea restringido o peligroso para el ingreso de equipos de rescate.

**Control Autónomo Basado en Comportamientos:** Según lo escrito por Sánchez [39], en

2004, el robot que tiene su control basado en comportamientos se define como un sistema el cual a partir de módulos de comportamientos básico, generan un conjunto en concreto de mecanismos que acoplan la percepción y la actuación con el fin de establecer un comportamiento determinado. A través de la percepción captada en el entorno de pruebas por sus sensores y actuadores, pretende alcanzar una serie de objetivos para responder a su entorno, este control es mayormente aplicado en robots móviles de logística y transporte autónomo.

**Control de Trayectoria o Punto a Punto:** En 2018, según Luna [40], el control punto a punto solo es factible cuando los puntos se encuentran muy separados, por otra parte si los puntos se encuentran extremadamente separados esto puede generar error en la trayectoria ocasionando movimientos imprevisibles, para este control el sistema debe generar la interpolación de los puntos para que posteriormente sea posible realizar el control de movimiento y el robot pueda dirigirse a dichos puntos.

# Capítulo II

## MARCO METODOLÓGICO

### 2.1. Enfoque y tipo de investigación

La elaboración del presente trabajo de titulación se basa en una investigación aplicada, ya que está orientada a resolver problemas específicos y desarrollar una nueva tecnología a partir del uso de tecnologías existentes. De igual manera, aborda el tipo de investigación de campo, dado que se recopilan datos estratégicos en las pruebas de campo. Abarca también una investigación documental por la selección, recopilación y análisis de las características de la configuración adecuada para el correcto movimiento del robot, mediante la lectura de artículos científicos y libros que contengan la información relacionada con el tema de estudio. Por último, se considera una investigación experimental, ya que se requiere realizar diferentes pruebas de validación de funcionamiento para constatar las especificaciones finales del dispositivo diseñado [41].

### 2.2. Diseño de la investigación

En el presente capítulo se abordan las fases necesarias para la selección y desarrollo de la investigación, tales como los antecedentes, el diseño eléctrico y mecánico, cálculos para la selección de materiales y, finalmente, pruebas para validar la construcción y el correcto funcionamiento del robot.

#### **Fase 1: Definición de las características del robot explorador.**

En esta fase se obtienen las características necesarias que debe tener el robot explorador,

tales como peso, resistencia, tiempo de actividad, etc. De igual manera, se determinan las partes principales que se deben adquirir en el proceso de diseño.

**Actividad 1:** “*Definición y tipos de robots exploradores*”; se realiza una investigación, revisión de antecedentes y análisis de fuentes bibliográficas de proyectos donde se describa lo que es un robot explorador y sus características. Posteriormente, se procede a definir lo que es un robot rescatista y las situaciones en las que puede ser usado.

## **Fase 2: Construcción del robot explorador.**

En esta sección se lleva a cabo el diseño y construcción del robot explorador. Se inicia analizando los requerimientos del usuario y tomando esto en cuenta, se realizan las especificaciones del diseño. Luego, se pasan a los cálculos necesarios para determinar la potencia de los motores, seguido del bosquejo, diseño, simulación y elaboración de los planos.

**Actividad 1:** “*Elaboración de un robot explorador (Entrevista) dirigida a paramédicos o miembros de la Cruz Roja que participarían durante una situación de rescate*”; la entrevista será dirigida hacia los equipos que participarán en una situación de rescate, como paramédicos o miembros de la Cruz Roja. El propósito de las entrevistas será determinar las especificaciones de requerimiento del usuario, las cuales serán las bases para desarrollar el prototipo del robot explorador.

**Actividad 2:** “*Propuesta de diseño*”; se realizará un análisis de las diferentes configuraciones que poseen los robots móviles, tomando en cuenta las especificaciones de requerimiento del usuario. Seguidamente, y con ayuda de una tabla de ponderación de criterios, se definirá la mejor opción.

**Actividad 3:** “*Cálculos del diseño*”; en esta sección se realizan los cálculos ingenieriles y análisis pertinentes para poder elegir los componentes necesarios para que el robot funcione correctamente.

**Actividad 4:** “*Selección del sistema de comunicación*”; se realiza un análisis y comparativa de los diferentes sistemas de comunicación usados en los robots móviles. Luego, con ayuda de una tabla comparativa, se elige el más adecuado para la comunicación usuario-robot.

**Actividad 5:** “*Selección de componentes*”; Tomando en cuenta los cálculos anteriores y mediante una investigación, se procede a evaluar las diferentes opciones de componentes, para

luego seleccionar los más idóneos para la construcción del robot.

**Actividad 6:** “*Simulación*”; Se diseñarán las piezas que componen el robot utilizando un software con licencia estudiantil, en el cual se realizarán simulaciones de elementos finitos para determinar su resistencia.

**Actividad 7:** “*Elaboración de planos*”; Se realizan los planos de las distintas piezas que componen el robot, de acuerdo con las normas de dibujo.

**Actividad 8:** “*Fabricación del robot explorador*”; Para verificar la funcionalidad del robot, se procede a fabricar un prototipo y realizar una validación del diseño.

### **Fase 3. Validación experimental del robot.**

Para finalizar, se procede a realizar pruebas de manejo del robot desde la aplicación móvil, conduciéndolo por diferentes espacios y obstáculos.

**Actividad 1:** “*Realización de pruebas de manejo*”; Se realizan pruebas de manejo del robot desde la aplicación móvil, tratando de superar diferentes obstáculos.

**Actividad 2:** “*Corrección de fallas*”; gracias a las pruebas realizadas se obtienen los resultados finales y se procede a realizar las correcciones pertinentes para finalizar con la construcción del robot explorador.

## Capítulo III

# RESULTADOS y ANÁLISIS

En el presente capítulo se obtienen y definen los diferentes parámetros de funcionamiento del robot explorador. Se analizan las diferentes alternativas para el diseño del robot. De igual manera, se describen las configuraciones y sistemas necesarios para el correcto funcionamiento del robot.

### 3.1. Especificaciones de requerimiento de usuario

Con la finalidad de comprender las demandas más críticas de los organismos de rescate, además de obtener una descripción del terreno en el cual va a trabajar el robot, se llevó a cabo un conversatorio con miembros de la Cruz Roja y paramédicos, quienes serán los usuarios que controlarán el robot en casos de desastres por movimientos telúricos. Algunas de las recomendaciones que sugirieron son:

**Movilidad Cómoda:** El robot debe tener un peso adecuado para ser transportado ya sea por una sola persona o por un equipo pequeño de personas. Además, no debe exceder un tamaño máximo total de 108 cm. Debe ser capaz de adaptar su desplazamiento físico a cualquier terreno complicado que surja después de un movimiento telúrico, y su sistema de locomoción no debe representar un problema ni requerir un esfuerzo significativo por parte del equipo de operaciones que lo esté manejando.

**Ligero en términos de peso:** El robot no debe tener un peso considerablemente mayor a los 15 o 20 kg, ya que esto conllevaría varios factores que dificultarían el trabajo de los organismos de rescate. No debe superar este peso promedio, ya que puede ocasionar vulnerabilidad en

las estructuras donde será utilizado. Además, un peso superior al mencionado supondría una complicación en su movilidad, como ya se mencionó en la sección precedente.

**Mantenimiento sin complicaciones:** En caso de que el robot sufra un accidente o alguno de sus diferentes componentes presente fallos, debe ser reparado de manera rápida y sencilla por los organismos de rescate. Si es necesario cambiar alguna pieza del robot, esta debe ser encontrada fácilmente y en el menor tiempo posible para que el robot pueda continuar funcionando. Preferiblemente, las piezas del robot no deben ser particularmente específicas, como aquellas que deben ser enviadas a Ecuador desde otro país o que están sujetas a una demanda en particular.

**Comunicación con los supervivientes:** Se requiere que el robot tenga la capacidad de comunicarse con las víctimas encontradas después del terremoto. Para esto, es necesario que el operario tenga una vista de lo que está frente al robot, por lo que sería indispensable que el robot posea una cámara. Además, se recomienda el uso de un micrófono para detectar señales auditivas de auxilio de algún sobreviviente. Aunque no es indispensable, se recomienda que el robot cuente con una bocina capaz de transmitir las recomendaciones que el rescatista proporcione a la víctima.

**Fácil uso o control:** Es necesario que el control del robot sea sencillo. Si el control del robot se realiza mediante una aplicación móvil, esta debe ser amigable con el usuario. Además, se debe priorizar en la aplicación la pantalla donde se esté transmitiendo de manera continua el vídeo proporcionado por el robot. Los controles deben ser simples y no deben afectar la movilidad del robot.

**Resistencia:** La resistencia del robot debe ser crucial para su efectividad en entornos adversos a los que estará expuesto. Considerando esta situación, el robot debe poseer una estructura resistente y ligera que permita su fácil traslado, al mismo tiempo que pueda soportar condiciones extremas durante su misión de exploración, localización y rescate.

**Tiempo de actividad:** Las misiones de rescate pueden durar desde varios minutos hasta algunas horas. Por lo tanto, el robot debe ser capaz de mantener su tiempo de actividad como mínimo necesario durante 1 hora para cubrir un área significativa del terreno en el cual se llevará a cabo la misión de rescate.

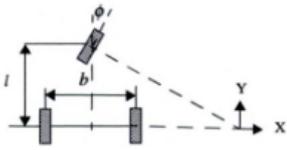
## 3.2. Alternativas de configuración del robot.

Se realiza un análisis de las diferentes configuraciones posibles que puede tener un robot móvil, donde se evaluaron aspectos como el manejo, la construcción, la capacidad de giro, la superación de obstáculos y la estabilidad en terrenos irregulares que tiene cada sistema.

### 3.2.1. Alternativa 1

Se propone usar la configuración de triciclo clásico para la construcción del robot explorador. En la tabla 3.1, se exponen tanto las ventajas como las desventajas de dicha configuración.

Tabla 3.1: Ventajas y desventajas de la configuración Triciclo Clásico.

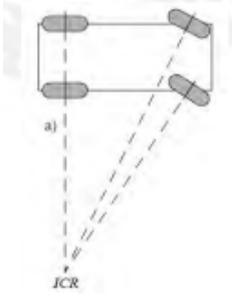
VENTAJAS	DESVENTAJAS	IMAGEN
Manejo fácil en aplicaciones básicas.	Difícil manejo en entornos irregulares, que requieren alta precisión de maniobra.	
Diseño sencillo.	Restricciones de peso que pueden afectar al equilibrio.	
Capacidad de giro buena por su radio de giro menor.	Difícilmente maniobrable en comparación con otras configuraciones.	
Ágil en la superación de obstáculos pequeños.	Limitada superación de obstáculos en terrenos irregulares.	
Estabilidad buena en terrenos planos.	Poca estabilidad en terrenos irregulares.	

Fuente:[30]

### 3.2.2. Alternativa 2

Se propone usar la configuración Ackerman para la construcción del robot explorador. En la tabla 3.2, se exponen tanto las ventajas como las desventajas de dicha configuración.

Tabla 3.2: Ventajas y desventajas de la configuración Ackerman .

VENTAJAS	DESVENTAJAS	IMAGEN
<p>Posee un sistema de manejo controlado y preciso.</p> <p>Construcción robusta y balanceada similar a la de un automóvil.</p> <p>No es capaz de girar en su propio eje.</p> <p>Buena capacidad de superación de obstáculos por tracción distribuida.</p> <p>Buena estabilidad en terrenos irregulares gracias a su distribución de peso.</p>	<p>Su sistema de dirección es más complejo.</p> <p>Construcción compleja y costosa de construir.</p> <p>No es tan maniobrable como la configuración omnidireccional.</p> <p>Presenta dificultades para superar obstáculos medianos en irregulares.</p> <p>Sus ruedas pueden presentar inestabilidad al momento de realizar un giro</p>	

Fuente:[29]

### 3.2.3. Alternativa 3

Se propone usar la configuración Omnidireccional para la construcción del robot explorador. En la tabla 3.3, se exponen tanto las ventajas como las desventajas de dicha configuración.

Tabla 3.3: Ventajas y desventajas de la configuración Omnidireccional.

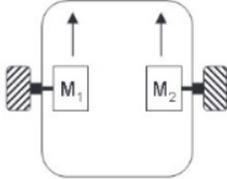
VENTAJAS	DESVENTAJAS	IMAGEN
<p>Permite el cambio de dirección si necesidad de reorientar al robot.</p> <p>Su construcción ofrece una gran flexibilidad de movimiento.</p> <p>Posee una buena estabilidad en superficies planas y moderadamente irregulares.</p>	<p>Su manejo requiere un control muy sofisticado y preciso.</p> <p>Su construcción es compleja y costosa debido a que necesita de llanas especiales como las mecanum.</p> <p>Debido a la poca tracción de sus ruedas puede presentar una mala estabilidad en terrenos muy irregulares.</p> <p>Deficiente capacidad de superación de obstáculos medianos debido a limitaciones en tracción y distribución de fuerza</p>	

Fuente:[31]

### 3.2.4. Alternativa 4

Se propone usar la configuración Diferencial para la construcción del robot explorador. En la tabla 3.4, se exponen tanto las ventajas como las desventajas de dicha configuración.

Tabla 3.4: Ventajas y desventajas de la configuración Diferencial.

VENTAJAS	DESVENTAJAS	IMAGEN
<p>Posee un manejo fácil y simple, adecuada para trabajos de búsqueda o localización.</p> <p>Su construcción es sencilla debido a que posee un diseño simple con menos componentes a diferencia de otras configuraciones, lo que facilita el mantenimiento.</p> <p>Posee la capacidad de girar sobre su propio eje, por lo que posee una gran maniobrabilidad en espacios pequeños.</p> <p>Posee una buena tracción, ideal para adaptarse en terrenos irregulares.</p> <p>El control independiente de cada rueda ayuda a mantener la estabilidad en terrenos irregulares, esto ayuda a adaptarse a los cambios bruscos de terreno.</p> <p>Posee un centro de gravedad bajo, lo que mejora la estabilidad en terrenos irregulares.</p>	<p>En altas velocidades puede llegar a disminuir su precisión de manejo.</p> <p>Necesidad de variar la velocidad de las ruedas para poder realizar un giro.</p> <p>La estabilidad puede verse afectada si se realizan giros a muy altas velocidades.</p>	

Fuente:[28]

### 3.2.5. Selección de la mejor alternativa mediante el uso de ponderación de criterios.

Tabla 3.5: Tabla de ponderación de criterios.

<b>Criterio</b>	<b>Peso</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>
Manejo	0,1	8	9	5	9
Construcción	0,1	8	8	6	8
Capacidad de giro	0,2	8	5	10	8
Superación de obstáculos	0,3	6	8	5	8
Estabilidad en terrenos irregulares	0,4	5	8	5	8

$$\text{Alternativa 1} = (8*0,1)+(8*0,1)+(8*0,2)+(6*0,3)+(5*0,4)$$

$$\text{Alternativa 1} = 0,8+0,8+1,6+1,8+2$$

$$\text{Alternativa 1} = 7$$

$$\text{Alternativa 2} = (9*0,1)+(8*0,1)+(5*0,2)+(8*0,3)+(8*0,4)$$

$$\text{Alternativa 2} = 0,9 + 0,8 + 1 + 2,4 + 3,2$$

$$\text{Alternativa 2} = 8,3$$

$$\text{Alternativa 3} = (5*0,1)+(6*0,1)+(10*0,2)+(5*0,3)+(5*0,4)$$

$$\text{Alternativa 3} = 0,5+0,6+2+1,5+2$$

$$\text{Alternativa 3} = 6,6$$

$$\text{Alternativa 4} = (9*0,1)+(8*0,1)+(8*0,2)+(8*0,3)+(8*0,4)$$

$$\text{Alternativa 4} = 0,9+0,8+1,6+2,4+3,2$$

$$\text{Alternativa 4} = 8,9$$

Con ayuda del método de ponderación de criterios, se obtuvieron los siguientes resultados: un valor de 7 para la alternativa 1, un valor de 8,3 para la alternativa 2, un valor de 6,6 para la alternativa 3 y un valor de 8,9 para la alternativa 4, con base en los criterios establecidos anteriormente. La mejor alternativa a implementar es la alternativa 4, que corresponde a la configuración diferencial.

### 3.3. Cálculo cinético de motores

En la etapa de selección de los motores necesarios para el robot, se debe calcular el torque máximo que estos requieren en el punto más crítico de trabajo. En este caso, es cuando el robot trata de escalar una pendiente de 45, se elige esta inclinación dado que representa un desafío técnico considerable y asegura que el robot sea capaz de operar en terrenos difíciles. Se tomará en cuenta un peso de 10 kg, además de un diámetro de 0,05 m en sus poleas. Se estima que la aceleración tiende a 0, por lo tanto, se considera una aceleración muy pequeña de 0,1 m/s<sup>2</sup>. Se asume una fuerza de rozamiento determinada a partir del coeficiente de fricción de 0.6, dado que este es un valor común para el plástico sobre superficies ásperas, se asegura de esta manera una mayor precisión en los cálculos. Solo los elementos que estén en el eje x del diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura 3.14 serán tomados en cuenta.

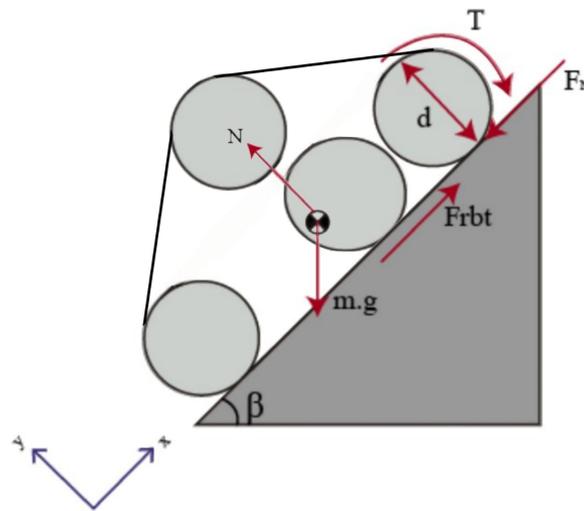


Figura 3.1: D.C.L

Del D.C.L se obtiene las ecuaciones:

$$\sum F_{Rbt_x} = m \cdot a \quad (3.1)$$

$$F_{Rbt} - W_{Rbt_x} - F_N = m \cdot a \quad (3.2)$$

De la ecuación (3.2) se despeja  $F_{Rbt}$

$$F_{Rbt} = W_{Rbt} + F_N + m \cdot a \quad (3.3)$$

Tomando en cuenta que:

$$F_N = W_{Rbt} \cdot \cos(\theta) \cdot (0,6) \quad (3.4)$$

$$F_{Rbt} = W_{Rbt} \cdot \cos(\theta) + F_N + m \cdot a \quad (3.5)$$

Al remplazar los valores en la formula resultante es la siguiente:

$$F_{Rbt} = (10 \cdot \cos(45)) + (10 \cdot \cos(45) \cdot (0,6)) + (10 \cdot 0,1) \quad (3.6)$$

$$F_{Rbt} = 111,98 \approx 112 \quad (3.7)$$

Se utiliza la ecuación subsiguiente para encontrar en torque de los motores:

$$\tau = \frac{F_{Rbt} \cdot d}{2} \quad (3.8)$$

Remplazando valores en 3.8:

$$\tau = \frac{112 \cdot 0,05}{2} \rightarrow \tau = 2,80Nm \quad (3.9)$$

El valor de la ecuación 3.9 se divide entre el número de motores que usa el robot para su movimiento:

$$\tau_{pmo} = \frac{2,80}{2} \rightarrow \tau_{pmr} = 1,4Nm \quad (3.10)$$

En el caso del robot a escala real, algunos parámetros pueden variar y ser diferentes a los presentados en los cálculos. Como conclusión, y luego de analizar las fórmulas matemáticas planteadas en la fase anterior, cada motor requiere un torque mínimo de **1,4 Nm** o **14,27 kg·cm** para tener un correcto funcionamiento.

### Selección de motores

La selección de los motores se realizó en base a los cálculos cinemáticos realizados en el apartado anterior. Por lo tanto, los motores seleccionados fueron los **motorreductores GB37RG** de 12V con un eje de 6 mm. Cuentan con 6 agujeros M3 dispersos en un círculo de 31 mm de diámetro que sirven para fijar el motorreductor al chasis del vehículo. Algunas características se pueden ver en la Figura 3.2.

Características motorreductor GB37RG		
	Voltaje	12V
	Consumo	2Ah
	Velocidad	300 ± 10 Rpm
	Torque	De 1,5 Nm a 1.8 Nm
		De 15,29 kg*cm a 18.35 kg*cm

Figura 3.2: Características de los motores.

### 3.4. Sistema de comunicación

Según Fields [42], en 2013, la comunicación cableada en el caso de un robot explorador presenta una limitante al momento de esquivar obstáculos, por lo que propone como alternativa las tecnologías de comunicación inalámbrica, entre las cuales están la radiofrecuencia, la comunicación ultrasónica y el láser.

Baltrán y otros [43], en 2018, utilizaron el sistema de comunicación wifi para el control de sus equipos, demostrando así que este tipo de comunicación inalámbrica también puede ser útil para las diferentes aplicaciones del robot explorador. De esta manera, en la Tabla 3.6 se presentan tanto las ventajas como las desventajas de las tecnologías de comunicación inalámbrica presentadas anteriormente.

Tabla 3.6: Comparación de los sistemas de comunicación inalámbrica

Comunicación	Ventajas	Desventaja
Radiofrecuencia	Tiende a ser muy fácil de implementar. Se usa comúnmente la banda de los 2.4 GHz para sistemas de comunicación local.	-El uso de otras señales RF que posean el mismo rango de frecuencia puede llegar a causar interferencia en la comunicación.
Ultrasónica	La posibilidad de los sistemas modernos de identificar primero las propiedades del ruido ambiental permitiría emitir señales que puedan diferenciarse fácilmente del ruido.	La señal no es invulnerable ante obstáculos, es decir, llega a debilitarse si se presentan obstáculos robustos.
Láser	Este sistema es capaz de alcanzar altas velocidades de emisión y recepción de datos, lo cual es ideal para la transmisión de audio y vídeo.	Puede presentar interferencia y ruido ante condiciones ambientales como el aire caliente, lluvia, niebla y otras fuentes de luz.
Wifi	Tiene un alcance considerablemente amplio. Ofrece un ancho de banda mayor que otras tecnologías, permite una rápida transmisión de datos. Compatible con una gran variedad de dispositivos móviles, lo que facilita la supervisión y el control remoto del robot desde múltiples ubicaciones.	Puede producirse congestión en las bandas de frecuencia utilizadas por WiFi, si se conectan diferentes dispositivos a la misma red.

Fuente:[42, 43]

Tras un exhaustivo análisis de ventajas y desventajas de los sistemas de comunicación analizados, se decidió que el mejor sistema a implementar será el WiFi. Se implementará una red de uso único para el Raspberry Pi del robot, y su control será mediante una aplicación móvil que deberá estar conectada a cualquier otra red disponible.

### 3.5. Tecnologías Empleadas

#### MQTT

Para el manejo de los motores desde la aplicación, se decidió usar el protocolo MQTT, que se ejecuta sobre TCP/IP. Esto se debe a que este protocolo de comunicación es muy ligero y ne-

cesita un ancho de banda mínimo. Se basa en la topología Publish/Subscribe, y está compuesto por el broker y los clientes [44], donde el broker es el encargado de recibir los mensajes, en este caso, desde la aplicación móvil (publisher), y los retransmite al destinatario, en este caso, al Arduino, para que active los motores según corresponda (subscribe).

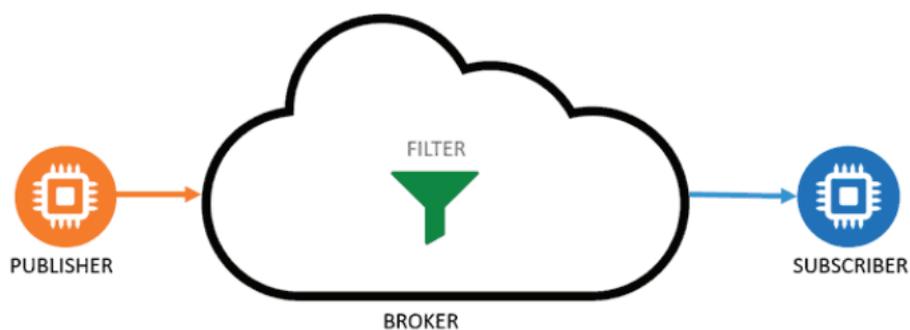


Figura 3.3: Sistema de comunicación MQTT.  
[44]

### **Ngrok**

Se decidió utilizar la tecnología Ngrok para poder visualizar la transmisión de vídeo fuera de la red LAN. Esta aplicación permite compartir un localhost con la aplicación móvil sin necesidad de usar o siquiera tener un dominio propio.

### **Mumble**

Se utilizó la aplicación Mumble para lograr una comunicación de audio bidireccional entre el robot y la aplicación móvil. Se decidió usar esta aplicación, ya que está pensada para funcionar con poco consumo de ancho de banda, lo que la hace ideal para una comunicación estable.

## **3.6. Estructura**

### **Selección de la estructura del robot**

Según los requerimientos de usuario presentados, la estructura debe cumplir con ciertas

características, tales como una gran resistencia, debido a que el robot va a ser desplegado en entornos irregulares y en condiciones extremas. La estructura debe ser capaz de resistir la carga tanto del chasis como de los diversos componentes necesarios para el funcionamiento del robot. Dado que se eligió una configuración diferencial impulsada por orugas, la estructura debe ser compatible con dicha configuración. Además, la estructura debe ser liviana para facilitar tanto su transporte como su movilidad en entornos catastróficos, y debe tener un tamaño menor a los 108 cm para que el robot pueda ingresar en espacios reducidos.

Se decidió usar una estructura de aluminio prefabricada, gracias a que este material, además de ser resistente, es liviano. La estructura seleccionada cuenta con un panel que proporciona un amplio espacio para instalar el chasis y los componentes de control, lo cual cumpliría de manera óptima los requerimientos de usuario especificados. Algunas características, como peso y tamaño, están detalladas en la Figura 3.4.

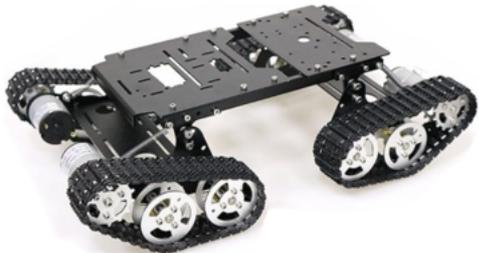
Estructura de aluminio prefabricada		
	Material	Aluminio
	Peso	1,4 kg o 3,2 libras
	Tamaño	14,8 x 9,4 x 4,1 pulgadas o 37,5 x 24 x 10,5 cm

Figura 3.4: Características de la estructura prefabricada.

Debido a que la estructura no es adecuada para usar la configuración diferencial, se realizaron diversos cambios y modificaciones, los cuales se pueden ver reflejados en la Figura 3.5.

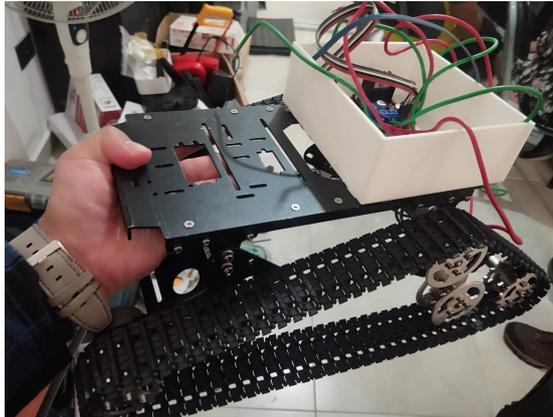


Figura 3.5: Estructura modificada.

## **3.7. Componentes Utilizados**

### **3.7.1. Sistema de control**

Para el control de giro de los motores del sistema de manejo del robot se utilizó un Arduino Mega 2560PRO debido a la cantidad de entradas y salidas que este posee. Se decidió añadir este microcontrolador para disminuir la carga de información del sistema de navegación, de manera que no ocurra un sobrecalentamiento y posterior falla del robot durante su despliegue en una misión. Además, el uso de esta placa nos permite facilitar la posterior integración de diferentes sensores que el robot pueda necesitar. Algunas características adicionales, como el número de pines y los tamaños, están especificadas en la Figura.3.6.

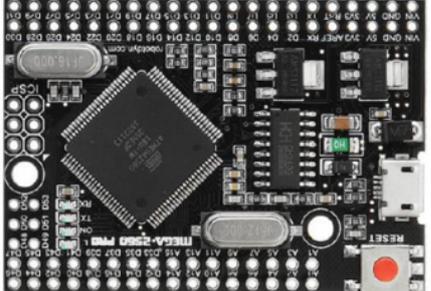
Arduino Mega2650PRO		
	Chip USB	CH340G
	Voltaje de operación	5v
	Voltaje de alimentación	7-9v (Mediante pin $V_{In}$ y GND)
	Pines digitales I/O	: 54 (15 salidas PWM)
	Consumo de energía	5v 220 mA
	Entradas analógicas	16
	Tamaño	38x54mm

Figura 3.6: Características Arduino Mega2560 Pro.

### 3.7.2. Sistema de Navegación

Para la conexión con la red wifi, el control de los servomotores del sistema de posicionamiento de la cámara, luces, el sistema de transmisión de vídeo hacia la aplicación, el sistema de audio bidireccional, la recepción de los comandos dados por la aplicación móvil y la conexión de periféricos como cámara y parlantes, se utilizó una Raspberry Pi 3. Se eligió esta placa debido a que cuenta con 4 puertos USB 2.0, 1 puerto jack de 3.5mm donde se conecta tanto la cámara como los parlantes para comunicación. Además, posee una conectividad de red Fast Ethernet 10/100 Gbps, lo que la hace perfecta para evitar errores de desconexión con la red wifi. Cabe mencionar también que esta placa es capaz de conectarse automáticamente a la red previamente escogida. Algunas características adicionales, como GPU y tamaño, están detalladas en la Figura 3.7.

Raspberry Pi 3		
	Procesador	Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
	GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co- Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware- accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high- profile decode. Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
	Conexión a internet	10/100 Gbps
	Memoria	1GB LPDDR2
	Salida de audio	Audio Output 3.5mm jack, HDMI USB 4 x USB 2.0 Connector
	Alimentación	Micro USB socket 5V1, 2.5A
	Tamaño	85 x 56 x 17mm

Figura 3.7: Características Raspberry pi 3.

### 3.7.3. Componentes Electrónicos

**Puente H:** Para el cambio de dirección, es necesario implementar un puente H que ayude a controlar la polaridad de los motores, modificando así la trayectoria de movimiento. Además, este circuito electrónico permite ajustar la velocidad de los motores gracias a su PWM (modulación del ancho de pulso). Algunas características del puente H usado se detallan en la Figura 3.8.

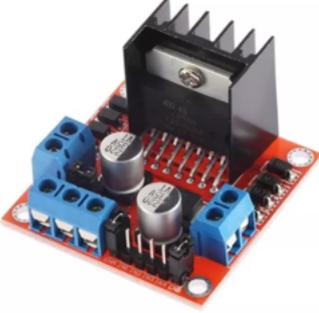
Características Puente H		
	Driver	L298N
	Voltaje de potencia (V motor)	5V - 35V DC
	Capacidad de corriente	2A
	Peso	30 g
	Capacidad de corriente:	2A (picos de hasta 3A)

Figura 3.8: Características del Puente H

**Módulo regulador de voltaje y corriente XL4016:** Dado que los microcontroladores usados trabajan a 5V y la batería seleccionada cuenta con una salida de 12V a 7Ah, se utilizó un módulo regulador de voltaje y corriente Step Down DC-DC ajustable XL4016. Este módulo entrega una corriente de salida ajustable de 0.2A a 9A y es capaz de proporcionar un voltaje ajustable de salida desde los 5V hasta los 40V. En este caso, se fija a 12V, que es el voltaje de salida de la batería usada. Algunas características adicionales de este componente se especifican en la Figura 3.9.

Módulo regulador de voltaje y corriente Step Down DC-DC ajustable XL4016		
	Corriente de salida	0.2A a 9A
	Voltaje de entrada	5V a 40V
	Voltaje de salida	1.2V a 35V
	Corriente de salida	0.2A a 9A
	Dimensiones aproximadas:	65x47x23.5 mm

Figura 3.9: Características del módulo XL4016.

**Módulo regulador de voltaje y corriente XL4015 :** Puesto que el servomotor MG996 tiene un voltaje de funcionamiento entre los 4.8v a 7.2v, y cuando está en movimiento o bajo carga, puede presentar una subida de tensión. Con el fin de proporcionar seguridad a los componentes eléctricos y evitar posibles fallos, se usó el módulo regulador de voltaje y corriente XL4015. Esta fuente STEP DOWN cuenta con las características necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de los servomotores, además de proporcionar seguridad a los demás componentes. Algunas características adicionales de este componente se presentan en la Figura 3.10.

Módulo regulador de voltaje y corriente XL4015		
	Voltaje de entrada	4 a 38 Volts DC (INPUT)
	Voltaje de salida	1.25 a 36 Volts DC (OUTPUT)
	Corto circuito – Protección	Si (hasta 8 A)
	Temperatura de Funcionamiento	-45°C a +85°C
	Protección limitadora de corriente	Si

Figura 3.10: Características del módulo XL4015.

**Servomotor MG996R:** Se implementó el uso de 2 servomotores Tower Pro MG996R para que el robot pueda dirigir su cámara hacia donde el operario lo requiera. Dichos servomotores

cuentan con un torque máximo de 13 kg·cm, lo que es suficiente para dirigir el sistema de posicionamiento de la cámara. Los detalles específicos de los motores están detallados en la Figura 3.11.

SERVOMOTOR TOWER PRO MG996R		
	Torque:	10.4kg/cm (4.8V), 13kg/cm (6V)
	Voltaje de operación:	4.8 - 7.2V
	Material engranajes:	Metal
	Angulo de Rotación:	180° máximo
	Peso:	55g

Figura 3.11: Características del servomotor MG996R.

**Cámara web:** Para poder captar tanto video como audio desde el robot hacia la aplicación, se utilizó una cámara web Genius Facecam 1000x, la cual es compatible con Raspberry Pi 3. El uso de esta cámara ofrece un sensor de píxeles de alta definición 720p, además de un micrófono sensible incorporado, lo cual permite una buena recepción tanto de audio como vídeo. Proporciona la ventaja de ser fácilmente reemplazable si llegara a ser dañada en una misión de exploración.



Figura 3.12: Cámara Web Genius 1000X.

**Luces Led:** Debido a que el robot estará trabajando en ambientes con poca luz, se implementó el uso de luces LED para facilitar las operaciones en áreas con poca iluminación, mejorando así la visión y la precisión en la detección de obstáculos mientras se encuentre en

ambientes oscuros. Se implementaron luces LED de 12V de larga vida útil para reducir el mantenimiento de las mismas.



Figura 3.13: Luces LED

**Bocina:** El robot cuenta con un sistema de audio bidireccional, por lo cual se instaló una bocina para que los sobrevivientes puedan escuchar las diferentes indicaciones proporcionadas por los organismos de rescate que estén manejando el robot.



Figura 3.14: Bocina

### 3.8. Sistema de alimentación

En esta sección se llevarán a cabo los diferentes cálculos necesarios para escoger una batería adecuada, de modo que el robot pueda tener una autonomía mínima de 50 a 60 minutos, suficiente para realizar una exploración efectiva del terreno.

### 3.8.1. Cálculos de Autonomía

En la Tabla 3.7, se presentan los componentes usados, su cantidad, su consumo promedio de mAh y su consumo máximo de mAh, dichos valores se miden en el trabajo máximo que realiza cada componente, cabe recalcar que estos valores pueden llegar a variar dependiendo la carga o el trabajo específico que se este llevando a cabo.

Tabla 3.7: Consumo de componentes usados

Componente	Cantidad	Consumo promedio de mAh	Consumo máximo de mAh
Arduino Mega 2560PRO	1	220	800
Raspberry pi 3	1	2500	2500
Puente H	2	36	72
Motorreductor GB37RG	2	1500	3000
servomotores Tower Pro MG996R	2	150	300
Regulador de voltaje y corriente XL4016	1	450	450
Regulador de voltaje y corriente XL4015	1	300	300
Cámara	1	400	400
Parlantes	1	400	400
Luces Led	2	125	250
Consumo total maximo en mAh			8472

**Selección de batería:** Según los cálculos anteriores, para el sistema de alimentación se utilizo una batería de plomo-ácido sellada recargable y regulada por válvula (VRLA) que no requiere mantenimiento de 12v 7aH la cual puede suministrar 0,35A de corriente constante durante un periodo aproximado de 20h antes de descargarse por completo, para proteger a los elementos electrónicos se implemento el uso de reguladores de voltaje especificados en la Tabla 3.9 y en Tabla 3.10.



Figura 3.15: Batería de 12v 7aH.

Es relevante destacar que el resultado del consumo total máximo en mAh puede llegar a diferir del real debido a las posibles anomalías que el robot presente durante la misión de reconocimiento, un ejemplo serían los servomotores; si estos no se usan durante la misión, el consumo será menor al presentado en la Tabla 3.7.

#### Calculo de la potencia de la batería usada:

$$W_{bat} = V_{bat} \cdot I_{bat} \quad (3.11)$$

$$W_{bat} = 12V \cdot 7Ah = 84Wh \quad (3.12)$$

Potencia consumida tomando en cuenta los valores del consumo total máximo en mAh descritos en la Tabla 3.7:

$$W_{con} = V_{bat} \cdot I_{con} \quad (3.13)$$

$$W_{con} = 12V \cdot 8,472Ah = 101,664Wh \quad (3.14)$$

Autonomía de la batería:

$$\frac{W_{bat}}{W_{con}} = \frac{84Wh}{101,664Wh} = 0,83h \quad (3.15)$$

Transformando en minutos para un mejor entendimiento:

$$0,83h \cdot 60min = 50min \quad (3.16)$$

El resultado de la Ecuación 3.16. Se baso en la suposición de que todos los componentes

trabajen a su máxima capacidad, así como también que estos permanecerían activos de manera constante, lo cual no es el caso. Por ejemplos los servomotores Tower Pro MG996R no estarán activos de manera continua ni cargarán el máximo peso soportado; solo realizarán giros cada que el controlador lo encuentre conveniente, caso contrario permanecerán inactivos.

### 3.9. Análisis de materiales

Se realizó el análisis de dos elementos del robot bajo el criterio de von Mises para posteriormente poder calcular su factor de seguridad y determinar cuándo uno de estos comenzará a deformarse plásticamente, es decir, comenzará a presentar fallas. Para el primer caso, se tomó como fuerza 100 N, es decir, casi 10 kg, dado que la pieza a analizar es una aleación de aluminio 2024. Para el segundo caso, se tomó como fuerza 20 kg o 200 N, dado que esta pieza es el eje principal que sostiene la estructura del robot.

#### 3.9.1. Pieza Superior 1

Se seleccionó esta pieza debido a que soporta las cargas de los componentes del robot, y está fabricada en una aleación de aluminio. Utilizando el software SolidWorks con licencia estudiantil, donde se obtuvieron los siguientes resultados. Las imágenes del análisis y demás información se presentan en la Figura 3.16.

- von Mises Max = 30,19 MPa
- Desplazamiento Max = 0,094mm
- Factor de seguridad = 2,51

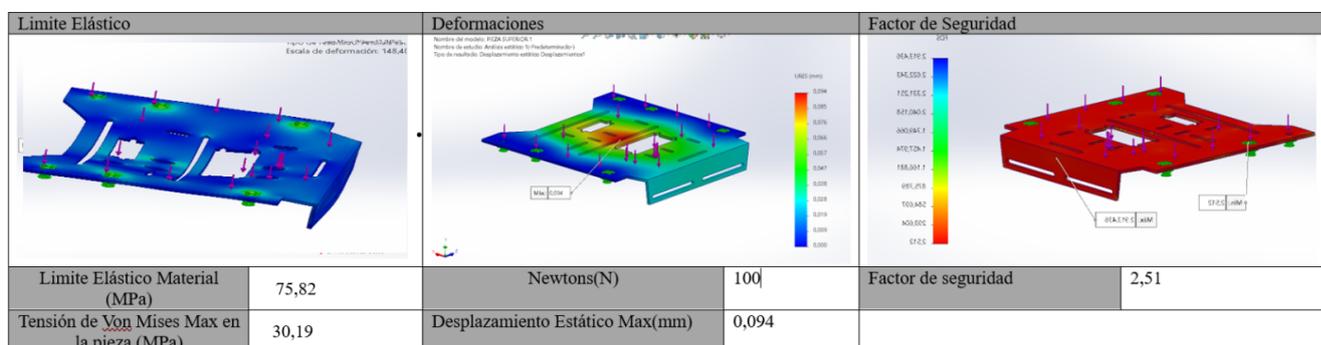


Figura 3.16: Análisis pieza superior 1.



- Desplazamiento Max = 0,03mm
- Factor de seguridad = 5,3

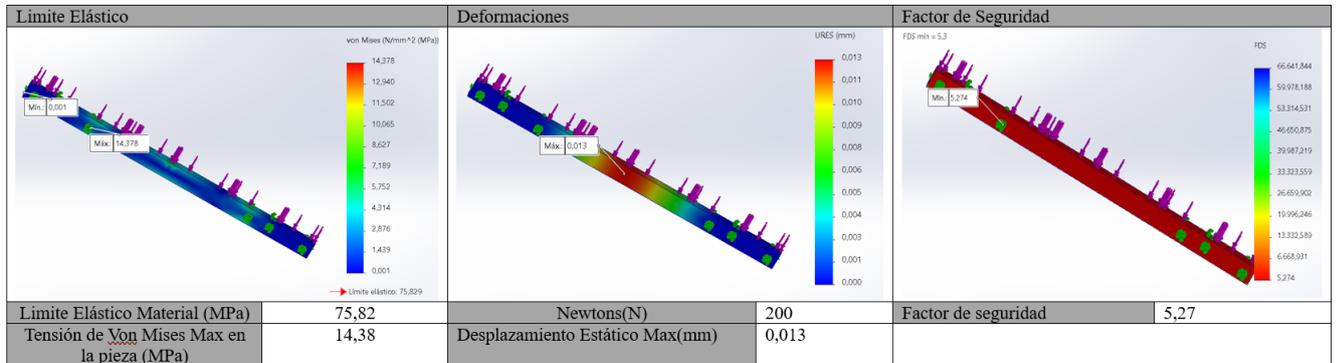


Figura 3.18: Análisis Estático

Además, se realizó un análisis de convergencia para verificar la relación entre el tamaño de la malla y el resultado del Von Mises Max. Este análisis asegura que los resultados obtenidos sean consistentes. Para más detalles revisar la Figura 3.19.

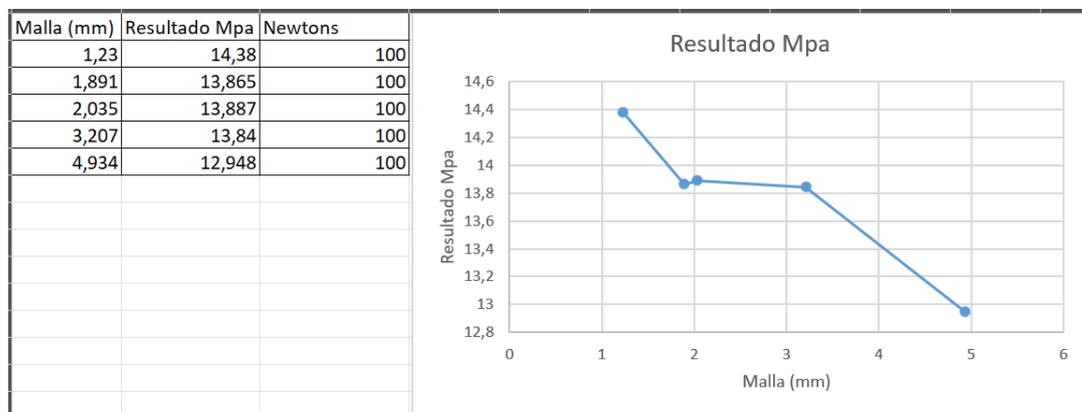


Figura 3.19: Análisis de convergencia 2.

**Cálculo Manual del Factor de Seguridad:** De igual manera, se realizó un cálculo manual del factor de seguridad. Se divide el límite elástico máximo del material entre el valor máximo de la tensión de von Mises, utilizando la fórmula. 3.20.

$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma_{\text{von Mises}}} \quad (3.20)$$

Sustituyendo

$$FS = \frac{75,83}{14,38} \quad (3.21)$$

Por lo cual se tiene que:

$$FS=5,27 \quad (3.22)$$

Este método de cálculo valida los resultados obtenidos en el software SolidWorks.

### 3.10. Diagrama de conexiones

La correcta representación de las conexiones del robot es un punto clave para evitar desperfectos durante su funcionamiento. El diagrama representado en la Figura 3.20, se muestra la conexión de todos los elementos electrónicos presentes en el robot. Para la fácil comprensión y análisis del circuito electrónico, cada componente está correctamente representado.

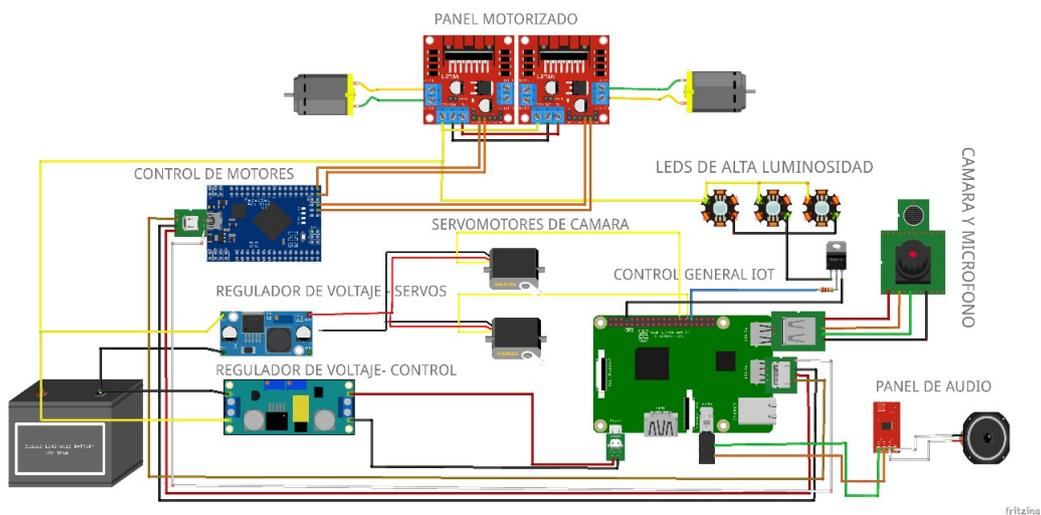


Figura 3.20: Diagrama de Conexiones.

### 3.11. Vista explosionada

La vista explosionada de la Figura 3.21, representa los elementos que se encuentran dentro de la carcasa del robot. Para una mejor visualización, revisar el anexo 4.3.

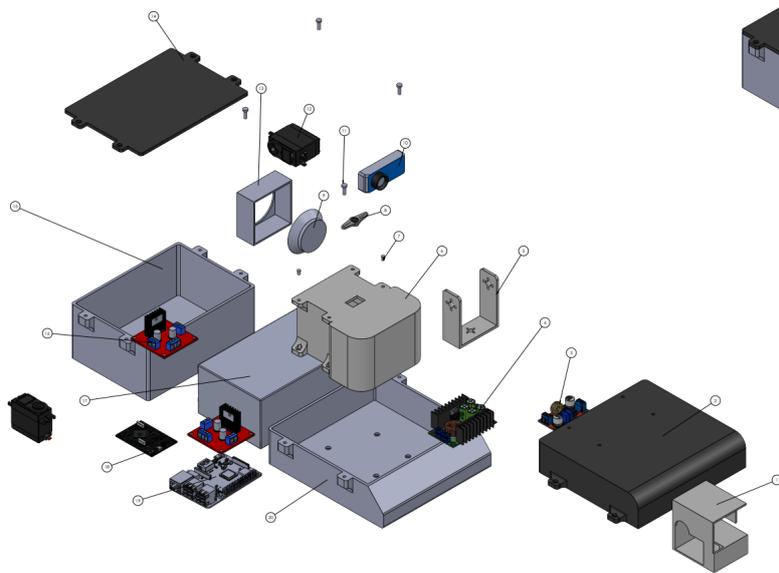


Figura 3.21: Vista explosionada.

Tabla 3.8: Lista de Partes

<b>Lista de Partes</b>					
N.º De Elemento	Elemento	Cantidad	N.º De Elemento	Elemento	Cantidad
1	Caja cámara XL4015	1	2	Control Tapa	1
3	DC-DC 5A (CC-CV) StepDown v1	1	4	MODULO XL4016	1
5	soporte camara	1	6	Camara Base	1
7	PernoMx3,3	2	8	Servo MG996R arm01	1
9	Speker	1	10	CamaraGeniusface cam100x	1
11	PernoMx3,5	4	12	Servo MG996R	2
13	caja speaker	1	14	BateriaTapa	1
15	BaseBateria	1	16	puente h	2
17	Battery 12V9AH	1	18	MEGA 2560 PRO (EMBED)	1
19	RASPBerry PI 3	1	20	Control Base	1

En la Figura 4.3, se muestra la vista explosionada del robot explorador completamente en-

samblado. Para una mejor visualización, revisar el anexo 4.3. Los ensambles de las piezas restantes se muestran en los anexos ??.

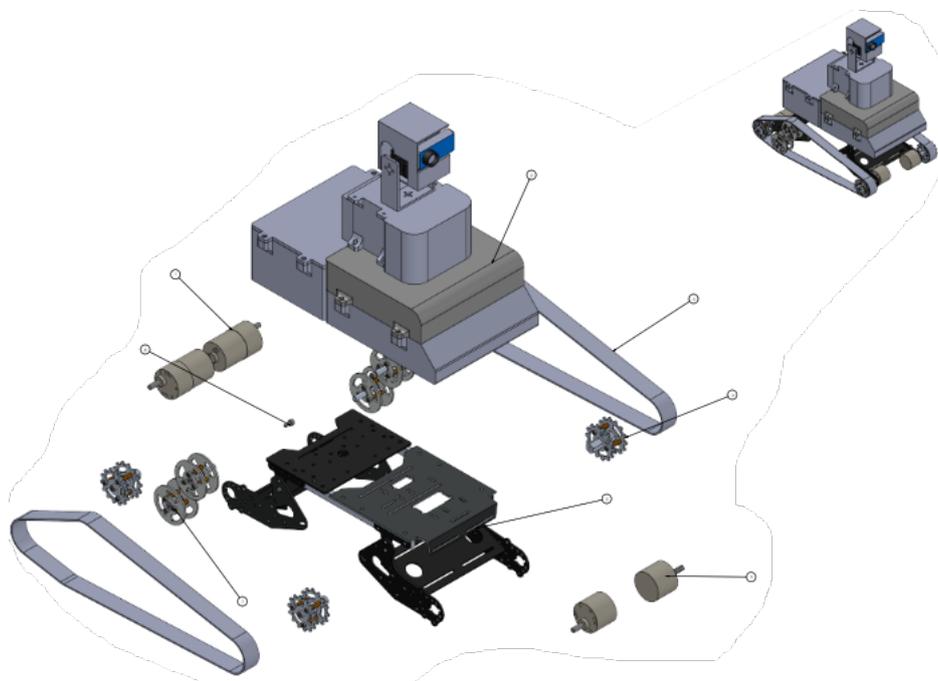


Figura 3.22: Ensamble Final.

## 3.12. Especificaciones Funcionales

### 3.12.1. Sistema de dirección del Robot

El robot está diseñado con una configuración diferencial impulsada por dos orugas. Debido a esto, cada motor trabaja de manera individual para realizar los movimientos:

**Hacia adelante:** Para impulsar el robot hacia adelante, tanto el motor 1 como el motor 2, vistos desde la parte lateral derecha, deben girar en sentido horario, y los análogos de la aplicación deben ser deslizados hacia adelante, como se muestra en la Figura 3.23.

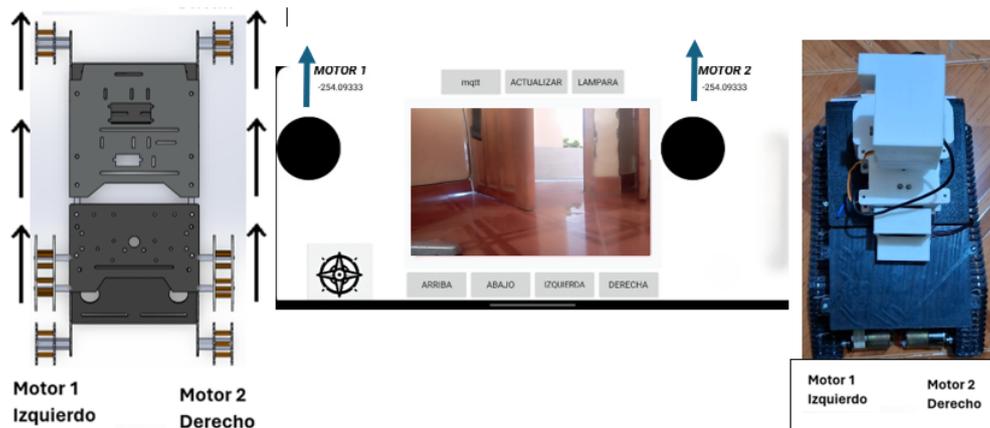


Figura 3.23: Movimiento hacia adelante.

**Hacia atrás:** Para mover el robot hacia atrás, ambos motores, vistos desde el lateral derecho, deben girar en sentido antihorario, y los análogos de la aplicación deben deslizarse hacia abajo, como se muestra en la Figura 3.24.



Figura 3.24: Movimiento hacia atrás.

**Giro a la derecha:** Para realizar un giro cerrado a la derecha, solo se debe activar el motor 1 con un giro horario, desplazando su respectivo análogo hacia adelante, como se muestra en la Figura 3.25.



Figura 3.25: Movimiento hacia atrás.

**Giro a la izquierda:** Para realizar un giro cerrado a la izquierda, solo se debe activar el motor 2 con un giro horario, desplazando su respectivo análogo hacia adelante, como se muestra en la Figura 3.27.

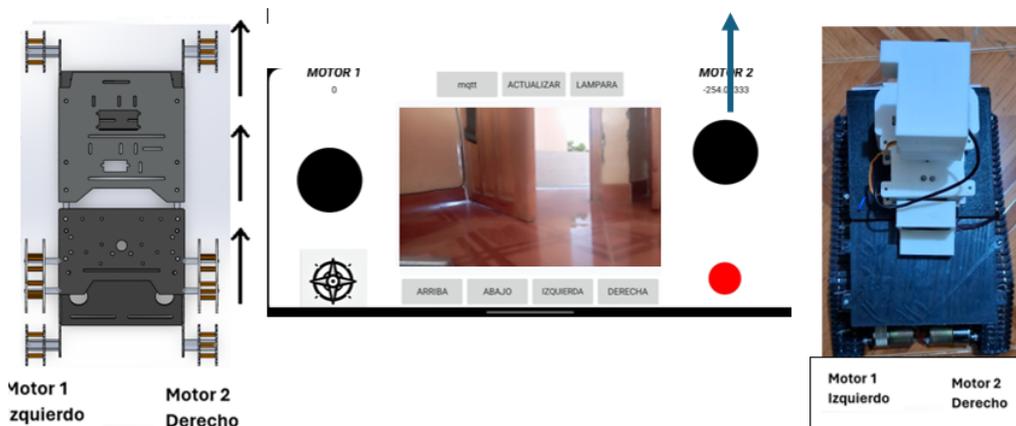


Figura 3.26: Movimiento hacia atrás.

### 3.12.2. Sistema de posicionamiento de la cámara

El robot cuenta con un sistema compuesto por dos servomotores, que permite al operario mover la cámara de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha según sea requerido. Estos movimientos son controlados desde la aplicación móvil mediante los botones colocados en la parte inferior. Se consideró necesario añadir un botón que automáticamente coloque los servomotores en su posición original.

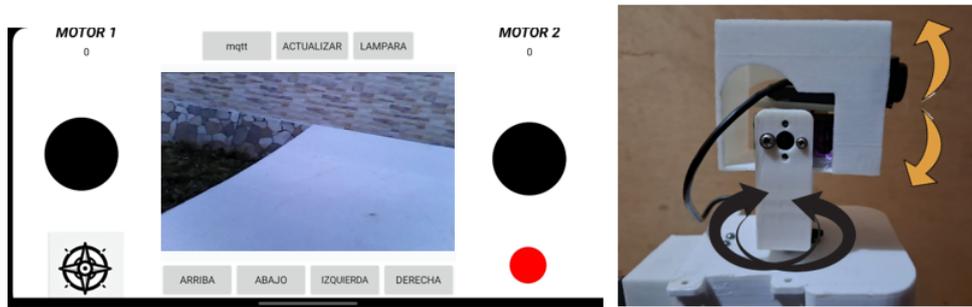


Figura 3.27: Sistema de posicionamiento de cámara.

### 3.13. Pruebas del prototipo

Se realizaron diversas pruebas preliminares donde se comprobó el correcto funcionamiento de los componentes del robot. Luego, se procedió a realizar las pruebas en una pista de 60 metros, la cual incluía rampas de diversas inclinaciones. Cabe recalcar que para estas pruebas el robot estuvo conectado a una red de 2.4GHz ,para poder realizar su control de una mejor manera.



Figura 3.28: Pruebas Preliminares.

### 3.13.1. Pruebas de movilidad

El robot tuvo que sortear diversos obstáculos, así como rampas y una parte de grava que puede encontrarse en situaciones de derrumbe. Se demostró que el robot pudo evadir satisfactoriamente los obstáculos, además de mostrar una respuesta rápida a las instrucciones dadas por el usuario, guiándose únicamente por el vídeo proporcionado por la transmisión de la cámara hacia la aplicación. Además de esto, se realizaron pruebas solo con las luces del robot. El diseño de procesos separados de navegación entre la tarjeta Arduino y la Raspberry Pi permitió una rápida ejecución de las instrucciones dadas por el operario, sin presentar retardo dentro de la distancia establecida.



Figura 3.29: Pruebas de movilidad.

### 3.13.2. Pruebas de esquivar obstáculos

El robot fue capaz de superar un obstáculo de 0,7 cm, tres obstáculos de 2,4 cm y un pedazo de escombros de eternit de 3,5 cm. Se demostró que el robot puede superar obstáculos de hasta 3 cm sin dificultad. Además, el robot tuvo un desplazamiento adecuado en superficies con inclinaciones de 19°, 30° y 37°, ya sea con tierra o cemento. También es capaz de desplazarse por grava sin mayor dificultad.



Figura 3.30: Pruebas de esquivar obstáculos.

### 3.13.3. Pruebas de control de cámara

Luego de las pruebas previas, se realizaron pruebas del control de cámara, así como también de su sistema de ubicación automática, donde se efectuaron movimientos de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, los cuales facilitan la supervisión del terreno para poder sortear obstáculos o encontrar posibles sobrevivientes. El sistema de posicionamiento automático tiende a fallar en el segundo o tercer intento, pero luego de activarlo una segunda vez, ubica los servos en su posición inicial. El sistema de movimiento funciona en tiempo real cuando se lo desee.



Figura 3.31: Prueba de control de cámara.

### 3.13.4. Pruebas de control y comunicación

Se realizaron las pruebas mientras el robot estaba conectado a un módem WiFi que proporcionaba una velocidad de 20 Mbps y una banda de red de 2.4 GHz. Además, se contaba con un

amplificador de señal WiFi que proporcionaba un mayor alcance al módem.

**Pruebas de Audio:** Aunque siempre se presentó una pequeña interferencia tanto en la transmisión desde la base hasta el robot como en la recepción desde el robot a la base, todo lo transmitido se entendía con claridad. Para esta prueba, el operario se alejó en intervalos de 5 m hasta una distancia total de 80 m. En intervalos superiores, la comunicación se realizaba de manera intermitente.

**Pruebas de vídeo y control:** El robot, con una banda de red de 2.4 GHz, pudo transmitir vídeo con baja latencia hasta los 80 m, distancia donde comenzó a presentar fallas de retraso en la transmisión de vídeo, así como en su control. En todas las pruebas, superados los 90 m, no se presentó desconexión, pero sí retraso en la transmisión de vídeo y control. En algunas ocasiones, la imagen de la Figura 3.32 llegó a presentar un retardo superior a los 800 ms, pero se recuperaba casi de manera inmediata.

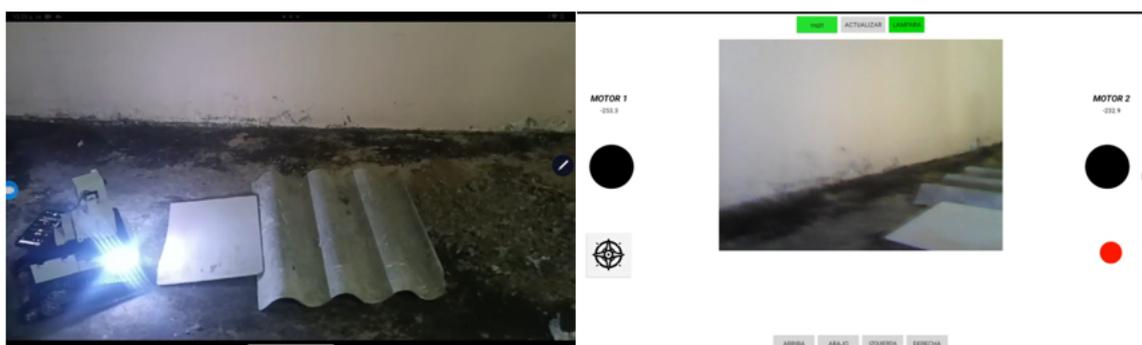


Figura 3.32: Pruebas.

# Capítulo IV

## Conclusiones, Recomendaciones y Trabajo a futuro

### 4.1. Conclusiones

- Debido a la información brindada por los diferentes organismos de rescate, así como mediante la investigación de diversas bases de datos referentes al tema de robótica de rescate, se determinó que la fácil movilidad, la comunicación inalámbrica, la fácil reparación, así como un peso ligero y la adaptabilidad a terrenos irregulares son características esenciales que no deben faltar para la correcta construcción y funcionamiento de un robot explorador de escombros ocasionados por movimientos telúricos.
- Por a los diversos tipos de robots no tripulados utilizados en el ámbito de la exploración y rescate, estos han demostrado ser herramientas útiles y casi indispensables por sus diversas capacidades operacionales en situaciones que representen un riesgo para la intervención humana. Los Vehículos Terrestres No Tripulados (UGV), Vehículos de Superficie No Tripulados (USV), Vehículos Submarinos No Tripulados (UUV) y Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV) ofrecen diversas soluciones dependiendo del terreno donde vayan a ser desplegados. Desde la búsqueda en terrenos inestables hasta el rescate en condiciones adversas, estos robots aumentan la probabilidad de encontrar personas con vida y, a su vez, disminuyen el riesgo para todos los organismos de rescate.
- La validación del robot mediante diversas pruebas es un factor importante y un paso esencial para verificar su eficacia y buen desempeño en terrenos irregulares. Se verifica si el robot es capaz de realizar giros, superar diversas rampas y tener un buen desempeño para sortear obstáculos. Llevar a cabo estas pruebas también proporciona una vista en primera

persona del desempeño y fácil manejo de la aplicación. Además, permite identificar y realizar mejoras antes de una implementación final. En este caso, se realizó una prueba previa donde se comprobó que todos los sistemas del robot estuvieran funcionando de manera correcta.

- Se logró construir un robot capaz de ser operado mediante una aplicación móvil intuitiva y fácil de usar desde cualquier dispositivo conectado a la red. El robot puede realizar operaciones de búsqueda y rescate, empleando un sistema de transmisión de audio y video en tiempo real con un alcance óptimo de no más de 60 m, si se usa un módem WiFi que tenga banda de red de 2.4 GHz. Además, el robot cuenta con sistemas de protección en caso de que sufra un cortocircuito.
- Mediante las pruebas realizadas se determinó que el material de plástico de las orugas no es el más óptimo para interactuar con pasto o con pisos de baldosa. Se recomienda sustituir este tipo de orugas por unas de caucho para que el desplazamiento del robot por cemento o tierra no se vea afectado.
- La incorporación de luces LED fue de gran ayuda para poder dirigir el robot en ambientes con poca luz. Gracias a estas, se mejora la visibilidad y se permite una navegación precisa en operaciones donde no exista una fuente cercana de luz.

## **4.2. Recomendaciones**

- Se recomienda que la aplicación siempre tenga una interfaz fácil de comprender y sencilla de manejar para que cualquier operario pueda controlar el robot en una operación de rescate.
- Para que el robot tenga una correcta transmisión de audio y video, se debe procurar tener al menos 20 Mbps de velocidad de internet, con un módem que maneje una banda de red de 2.4 GHz.
- Debido a los ambientes donde va a estar operando el robot y a sus diversos componentes electrónicos, siempre es necesario tener sistemas de protección contra cortocircuitos o desconexiones que se puedan suscitar.

### **4.3. Trabajo a futuro**

- Mejorar el sistema de transmisión de audio para corregir el ruido presente debido a los diferentes componentes electrónicos.
- Implementar sistemas más sofisticados para el análisis del entorno, como sistemas LIDAR, e implementar sistemas más precisos para la detección de personas, como cámaras térmicas.
- Asegurar e implementar redes de malla o MESH WiFi para realizar una comunicación entre varios robots exploradores y así incrementar el alcance de la comunicación.
- Debido al tamaño de los engranajes que sostienen las orugas, el robot presenta dificultad para superar obstáculos superiores a los 3.5 cm. Se requiere cambiar el tamaño de los engranajes para poder superar obstáculos de mayor tamaño.

# Bibliografía

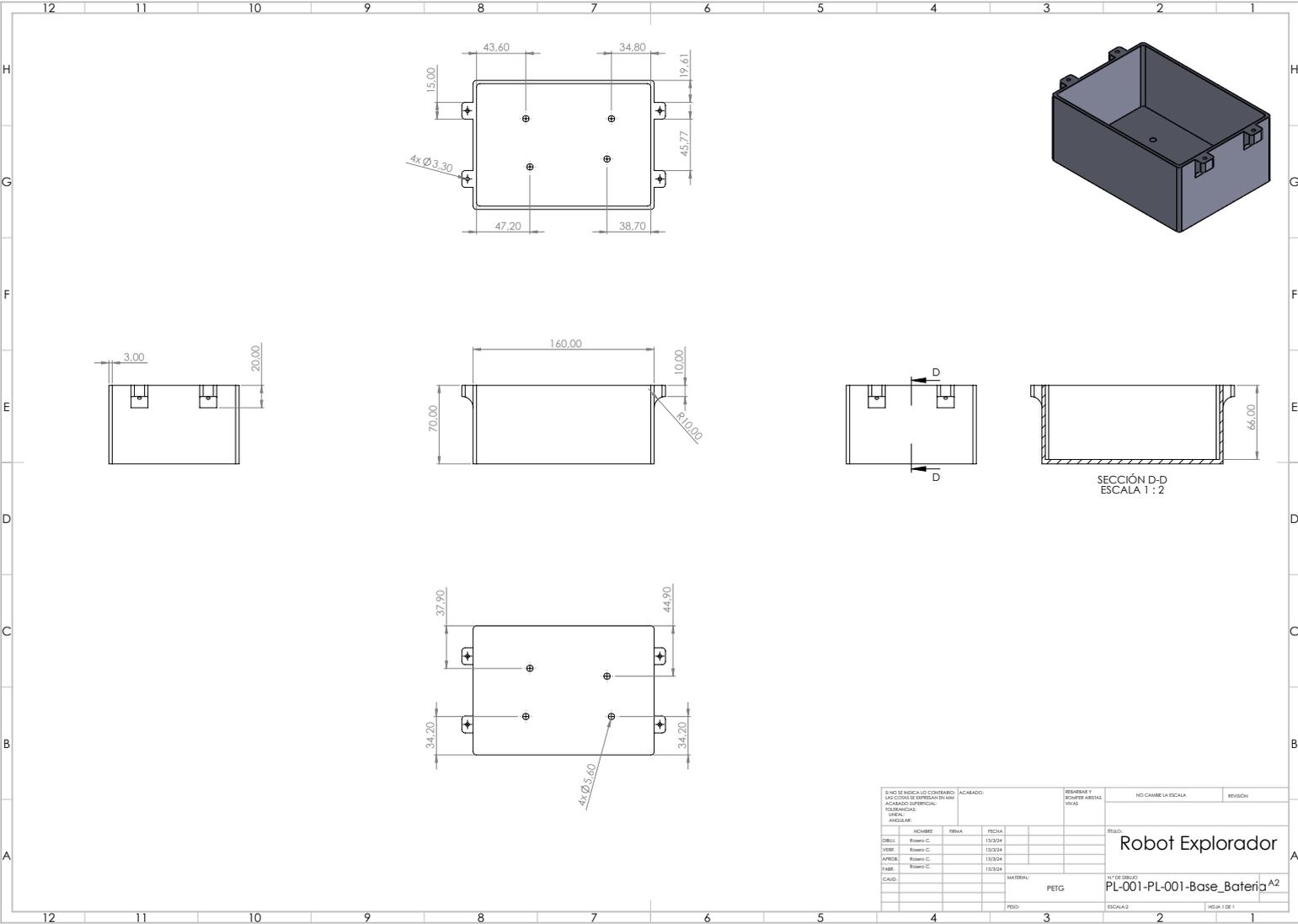
- [1] C. Español, “Ecuador: ¿qué ha pasado desde el terremoto?,” 4 2017.
- [2] B. NEWS, “¿cuánto tiempo se puede sobrevivir bajo escombros?,” 5 2013.
- [3] J. M. P. Flórez, “Tendencia tecnológica de robots para atención en desastres naturales,” 4 2020.
- [4] A. Renzo, “Diseño mecánico y análisis cinemático de un robot reconfigurable para labores de rescate ante un inminente terremoto,” 2021.
- [5] D. Quezada, “Diseño y construcción de un robot todo terreno utilizando el sistema rocker-bogie y teleoperado inalámbricamente para el laboratorio de robótica de la universidad de las fuerzas armadas - espe,” 4 2014.
- [6] M. Rodríguez and C. Marin, “Diseño e implementación de un robot prototipo de búsqueda y comunicación para ser usado luego de un terremoto en el edificio de la cint,” 2017.
- [7] G. Bermudez, K. S. Novoa, and W. Infante, “La robótica en actividades de búsqueda y rescate urbano. origen, actualidad y perspectivas,” *Tecnura*, vol. 8, p. 97–108, jul. 2004.
- [8] J. Cedillo, T. A. Sánchez, R. J. Sandoval, J. S. Gutiérrez, and A. N. Vega, “Diseño de un robot rescatista para terremotos en México,” *Research in Computing Science*, vol. 148, pp. 31–41, 2019.
- [9] A. H. Reddy, B. Kalyan, and C. S. Murthy, “Mine rescue robot system – a review,” *Procedia Earth and Planetary Science*, vol. 11, pp. 457–462, 2015. Global Challenges, Policy Framework Sustainable Development for Mining of Mineral and Fossil Energy Resources (GCPF:2015–20).
- [10] O. J. Cubillos Clavijo, “Robots de rescate humano,” 2015.

- [11] J. . Liu, Y. Wang, B. Li, and S. . Ma, “Current research, key performances and future development of search and rescue robots,” *Frontiers of Mechanical Engineering in China*, vol. 2, no. 4, pp. 404–416, 2007.
- [12] A. Rafael and M. Arias Montiel, “Prototipo virtual de un robot movil multi-terreno para aplicaciones de búsqueda y rescate,” *ResearchGate*, October, 2016.
- [13] S. J. Blancas Arce, A. B. Tapia Torres, and A. Pérez Nava, “Diseño del prototipo ar17 ugv, vehículo semi autónomo no tripulado, una herramienta de búsqueda y rescate,” 2023.
- [14] O. Vargas-González, N. Farías-Mendoza, E. Flores-Gallegos, C. Maciel-García, and E. Cárdenas-Zanabria, “Tecnologías bluetooth aplicadas al control de vehículos terrestres no tripulados para aspersión de agroquímicos en plantas ornamentales,” *Científica*, vol. 21, no. 2, pp. 127–134, 2017.
- [15] J. Pareja Estalrrich, “Algoritmo para optimizar los ángulos de ataque de un UGV en función del terreno discretizando,” 2014. Consultado el 28 mar. 2024.
- [16] N. Segura and O. Rivera, “Integración de sistemas de comunicación e interfaz de control en vehículo teleoperado ugv,” 2016.
- [17] M. G. Fernández, “Vehículos no tripulados para utilización naval,” *ARMADA ESPAÑOLA*, no. 15, p. 69, 2013.
- [18] O. Ferreira, A. A. Neto, and C. S. Monteiro, “O uso de embarcações não tripuladas em levantamentos batimétricos,” *Revista Brasileira de Cartografia*, vol. 68, no. 10, 2016.
- [19] D. Alvarado, K. Amor, M. Arrieta, A. Castaño, B. Yarzagaray, and O. Vásquez, “Diseño funcional y pruebas de desempeño de un prototipo de bote eléctrico no tripulado para vigilancia y reconocimiento fluvial,” *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, no. E62, pp. 289–302, 2023.
- [20] C. Pérez Collazo, J. A. González Prieto, A. Eirís Barca, G. Lareo Calviño, A. Regueiro Pereira, M. Ruíz Veiga, and Y. . Singh, “Hacia un vehículo submarino modular no tripulado,” 2023.
- [21] Y. Allard, E. Shahbazian, and A. Isenor, *Unmanned Underwater Vehicle (UUV) Information Study*. Defence Research and Development Canada, 2014.

- [22] A. A. Aguirre-Roldán and S. M. Fernández-Fraga, “Vehículos submarinos no tripulados: aliados estratégicos de la industria marina,” *Revista Ciencia UANL*, vol. 22, p. 8–13, oct. 2023.
- [23] A. Barrientos, J. Del Cerro, P. Gutiérrez, R. San Martín, A. Martínez, and C. Rossi, “Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. tecnología y aplicaciones,” *Universidad politécnica de Madrid, Madrid*, 2007.
- [24] J. A. Benito Carrasco, “Integración de un uav (vehículo aéreo no tripulado) en la plataforma robótica argos,” 2015.
- [25] G. M. Andaluz Ortiz, “Modelación, identificación y control de robots móviles,” 2011.
- [26] R. S. Ortigoza, J. G. Sánchez, V. B. Sotelo, M. A. M. Vilchis, V. H. Guzmán, and G. S. Ortigoza, “Una panorámica de los robots móviles,” *Télématique: Revista Electrónica de Estudios Telemáticos*, vol. 6, no. 3, pp. 1–14, 2007.
- [27] D. Martínez Vega and J. Buitrago Romero, “Desarrollo de un robot operado a distancia para la búsqueda de supervivientes en estructuras colapsadas de difícil acceso,” 2022.
- [28] G. Bermudez, “Modelamiento cinemático y odométrico de robots móviles,” *Tecnura*, vol. 6, p. 19–30, ene. 2003.
- [29] L. A. V. Medallo, “Diseño de un sistema de control basado en linealización por realimentación para un robot móvil tipo ackerman con velocidad variable y movimiento en doble sentido describiendo trayectorias Óptimas,” 2017.
- [30] A. O. Baturone, *Robótica Manipuladores y robots móviles*. Marcombo, 2005.
- [31] J. F. Ortega Noroña and L. M. Yapo Pillajo, “Construcción de un robot móvil híbrido omnidireccional,” 2017.
- [32] G. O. Mario Andrei, “Estrategias bio-inspiradas para locomoción de robots Ápodos,” 9 2011.
- [33] I. Almeida and J. Ochoa, “Diseño y construcción de un robot explorador de terreno,” 2013.
- [34] N. Aristizábal Pulido and V. A. Granada Pescador, “Diseño de robot de exploración semi-autónomo,” 2017.

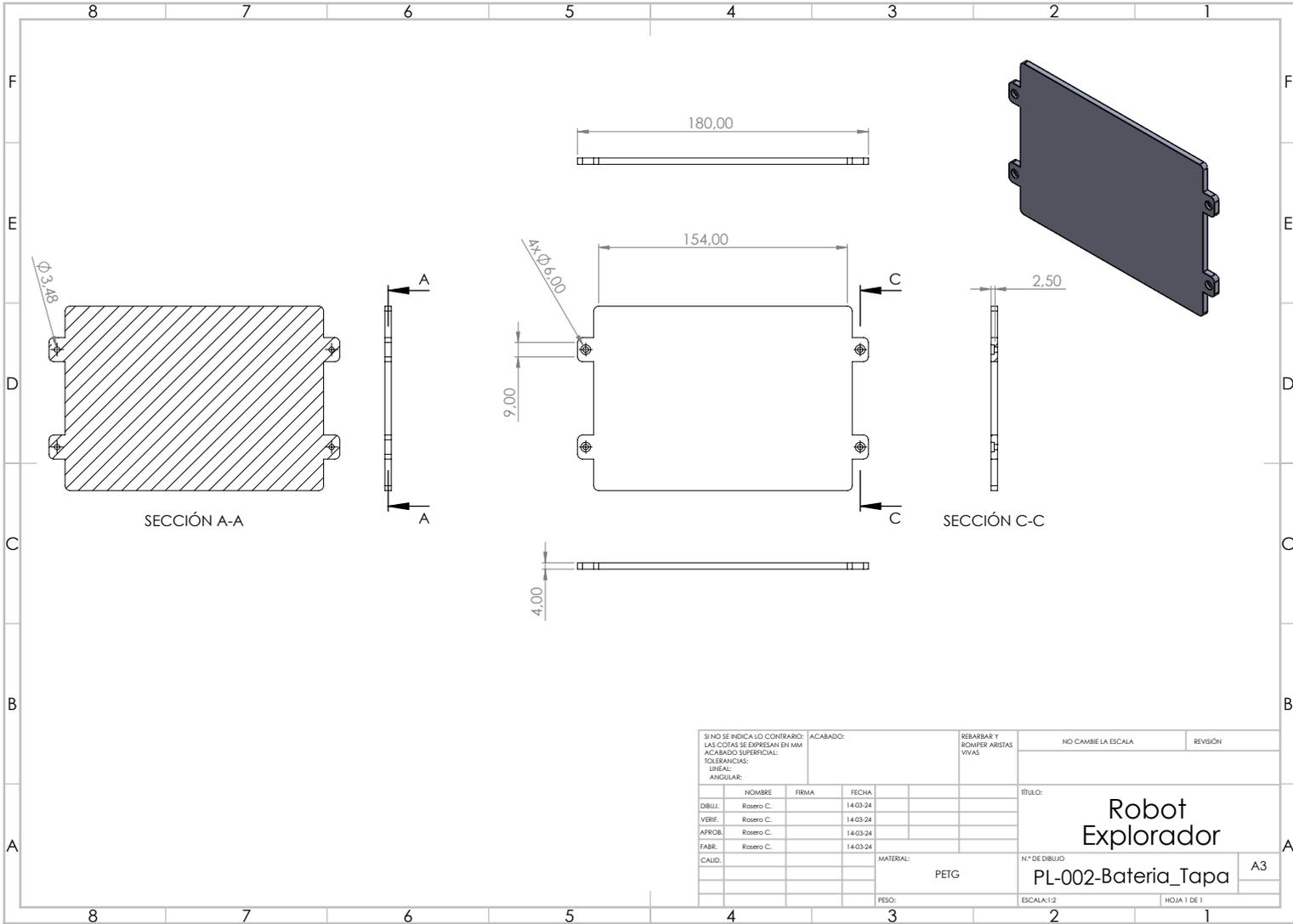
- [35] C. Cruz Ulloa, G. Prieto Sánchez, J. d. Cerro Giner, and A. Barrientos Cruz, “Sistema robótico inteligente de exploración térmica para misiones de búsqueda y rescate,” pp. 25–31, 2022. *Robótica y Cibernética RobCib*.
- [36] M. A. CEVALLOS SALAZAR, “Diseño y construcción de un robot cuadrúpedo para ingreso a lugares de difícil acceso en caso de emergencias y desastres naturales terrestres.,” Master’s thesis, Quito, 2019.
- [37] M. Aguilera, M. Bautista, and J. Iruegas, “Diseño y control de robots móviles,”
- [38] H. B. E. Zenayuca, L. K. G. Galarza, and R. B. Q. Fabián, “Diseño de un robot móvil teleoperado a distancia para rastreo de personas en un derrumbe de una edificación,” 2020.
- [39] S. Sánchez, *Desarrollo de robots basados en el comportamiento*. e-politext, Universitat Politecnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politecnica, 2004.
- [40] M. Luna, “Control de movimiento y planificación de un robot esférico,” 2018.
- [41] J. Málaga, G. Vera, and R. Oliveros, “Tipos, métodos y estrategias de investigación científica,” pp. 145–154, 2008.
- [42] L. Fields, “Comparación de sistemas de comunicación inalámbrica para robots móviles,” *Prisma tecnológico*, vol. 4, no. 1, pp. 22–24, 2016.
- [43] D. C. Beltrán Huertas and J. S. Bonilla Guerra, “Robot bio inspirado para asistencia de búsqueda en situaciones de colapsos estructurales,” 2018.
- [44] A. Roldán-Gómez, “Diseño y construcción de un robot explorador de entornos y generador de mapas.,” 2023.

# **Anexos**

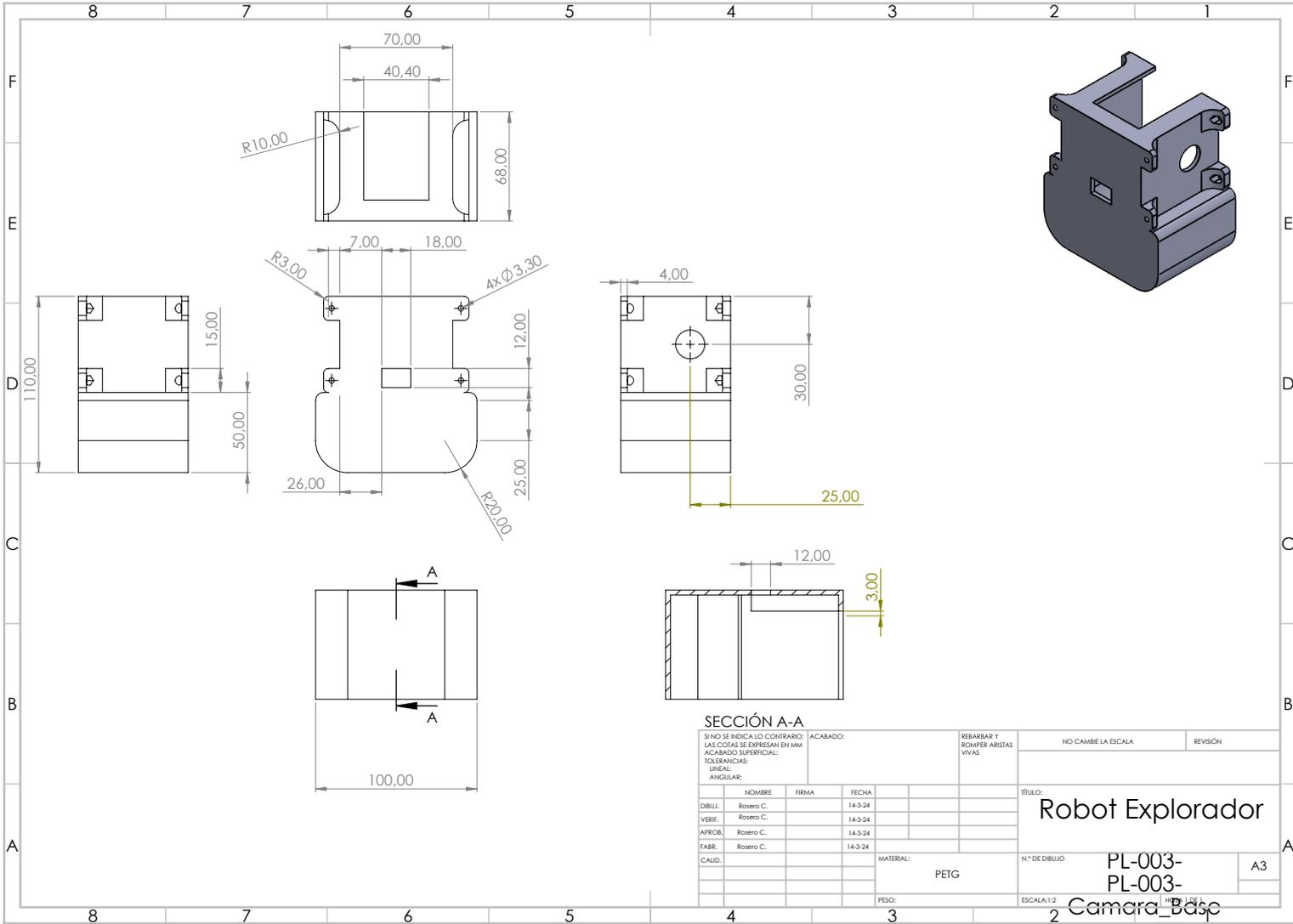


SECCIÓN D-D  
ESCALA 1 : 2

SI NO SE INDICA LO CONTINUA LO OPORTUNO DEBE SER EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: DIN EN ISO 286 ANGULARES:			ACABADO:	RESERVAR Y RESERVAR Y RESERVAR Y RESERVAR Y	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DESIGNADO:	RODABITE	PRIMA	FECHA			
VERIF:	Esmerio C.		13/03/24			
APROB:	Esmerio C.		13/03/24			
FABR:	Esmerio C.		13/03/24			
CAJED:						
				MATERIAL:	PEIG	
				PEIG:		
<b>Robot Explorador</b>						
PL-001-PL-001-Base_Bateria <sup>A2</sup>						
ESCALAS					ESCALA	HOJA 1 DE 1

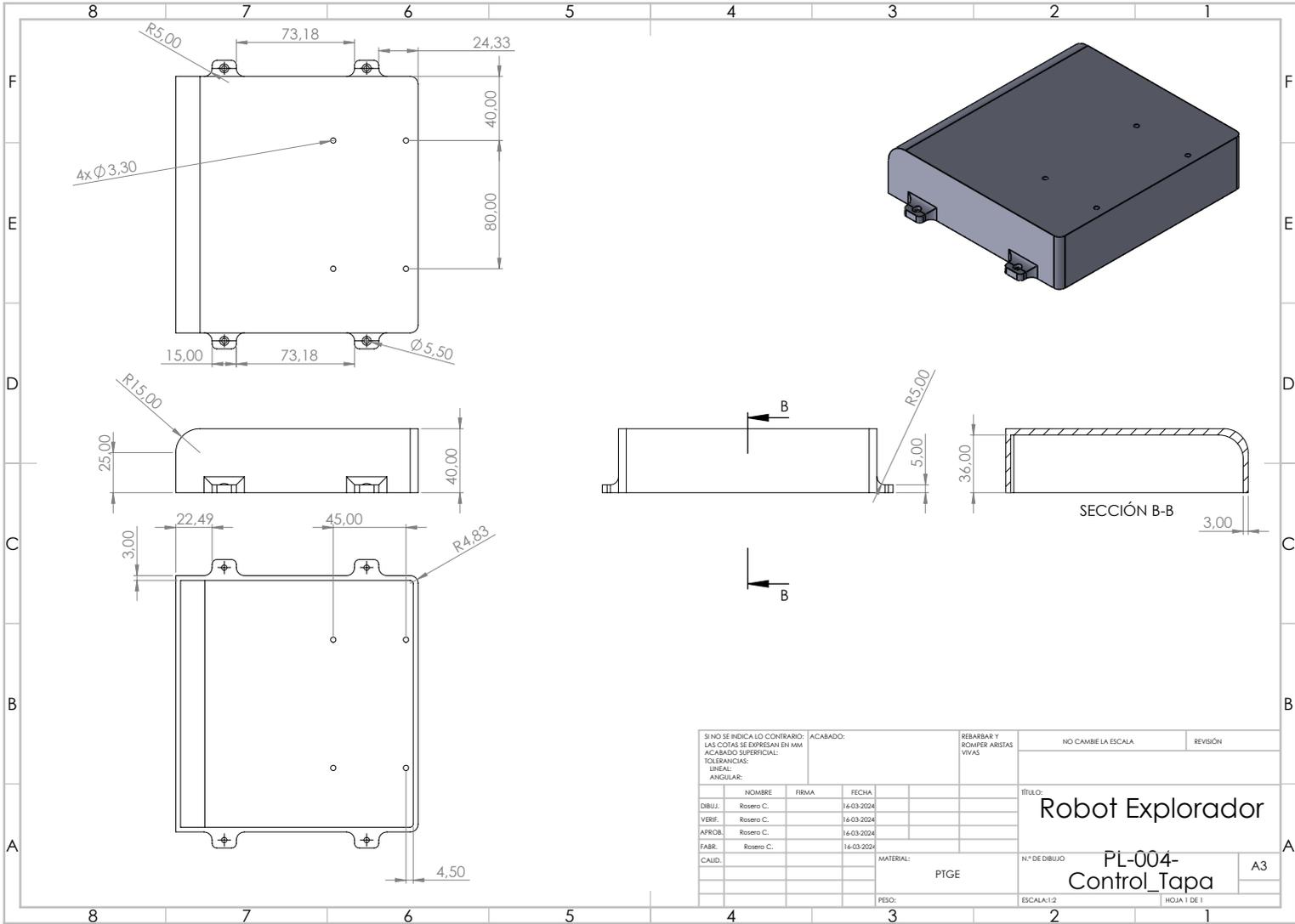


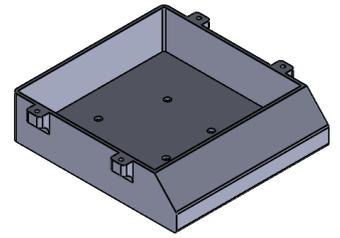
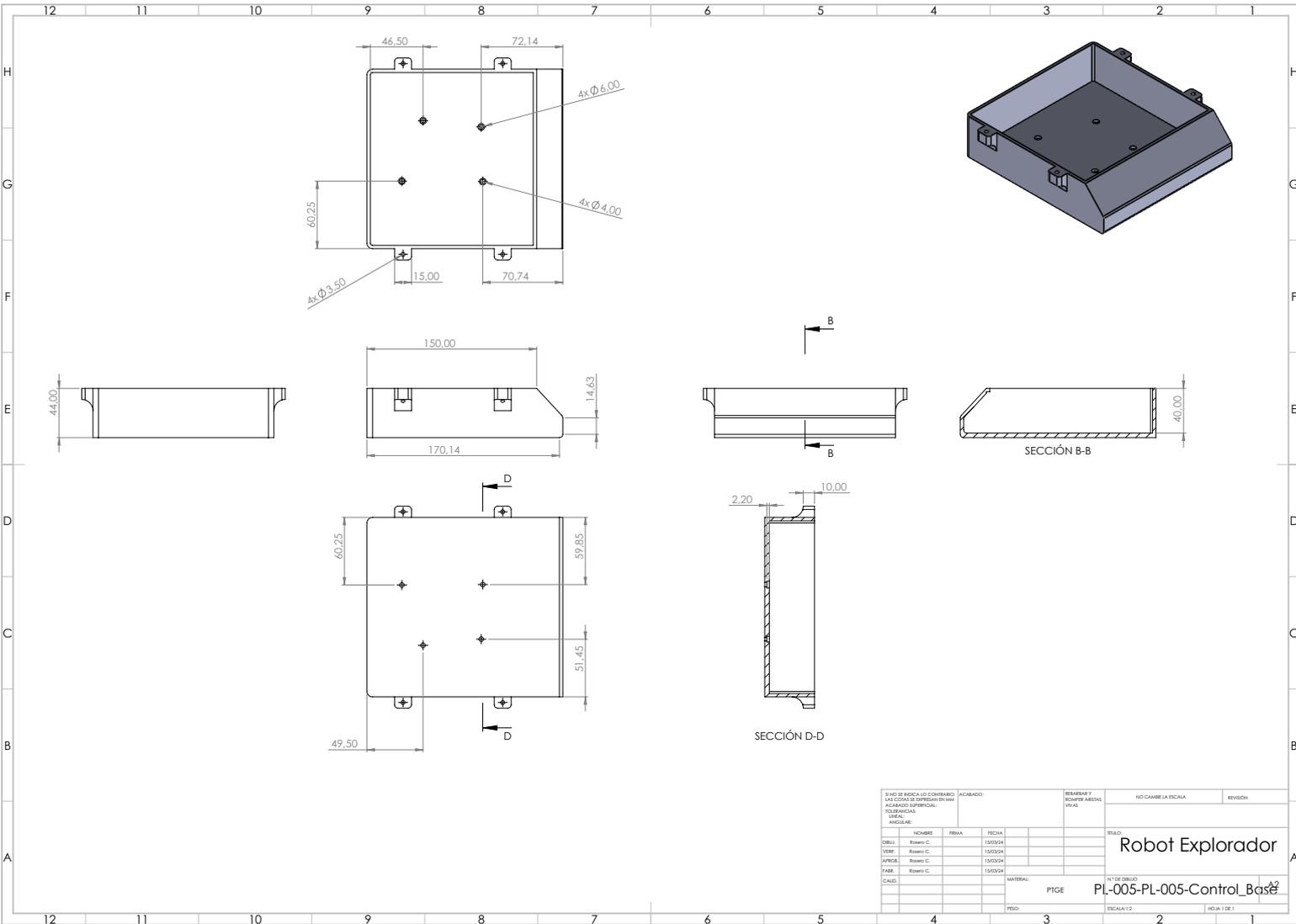
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	ROSERO C.	FIRMA	FECHA			TÍTULO: <b>Robot Explorador</b>	
VERIF.	ROSERO C.		14-03-24			N.º DE DIBUJO <b>PL-002-Bateria_Tapa</b>	
APROB.	ROSERO C.		14-03-24			ESCALA: 1:2	
FABR.	ROSERO C.		14-03-24			HOJA 1 DE 1	
CAUID.					MATERIAL: <b>PETG</b>	A3	
					PESO:		



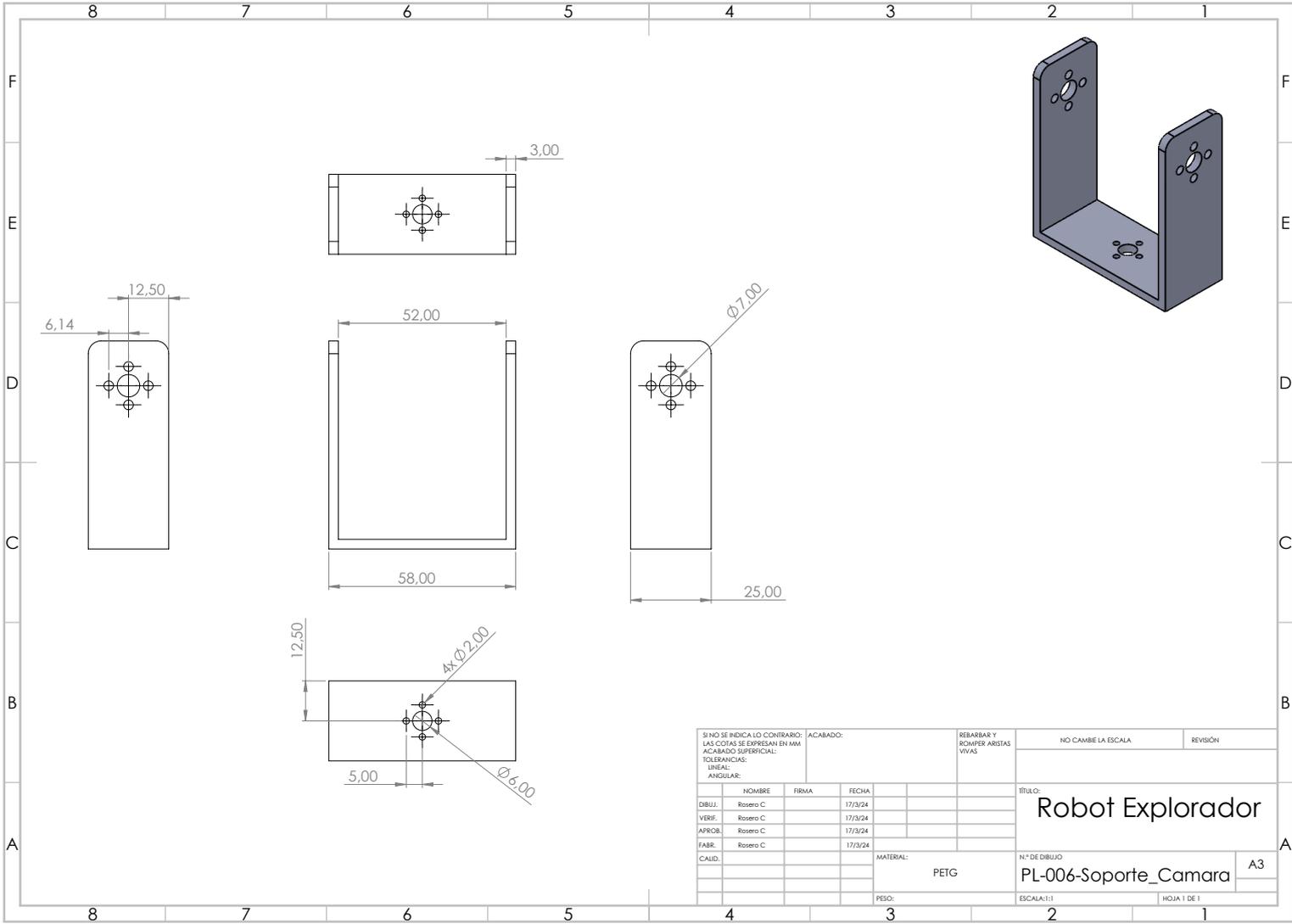
SECCIÓN A-A

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	ROSERO C.	14-3-24			TÍTULO: <b>Robot Explorador</b>	
VERIF.	ROSERO C.	14-3-24			Nº DE DIBUJO <b>PL-003- PL-003-</b>	
APROB.	ROSERO C.	14-3-24			ESCALA: 1:2 <b>2 Camara_Basc</b>	
FABR.	ROSERO C.	14-3-24			MATERIAL: <b>PETG</b>	A3
CAUID.					PESO: <b>3</b>	

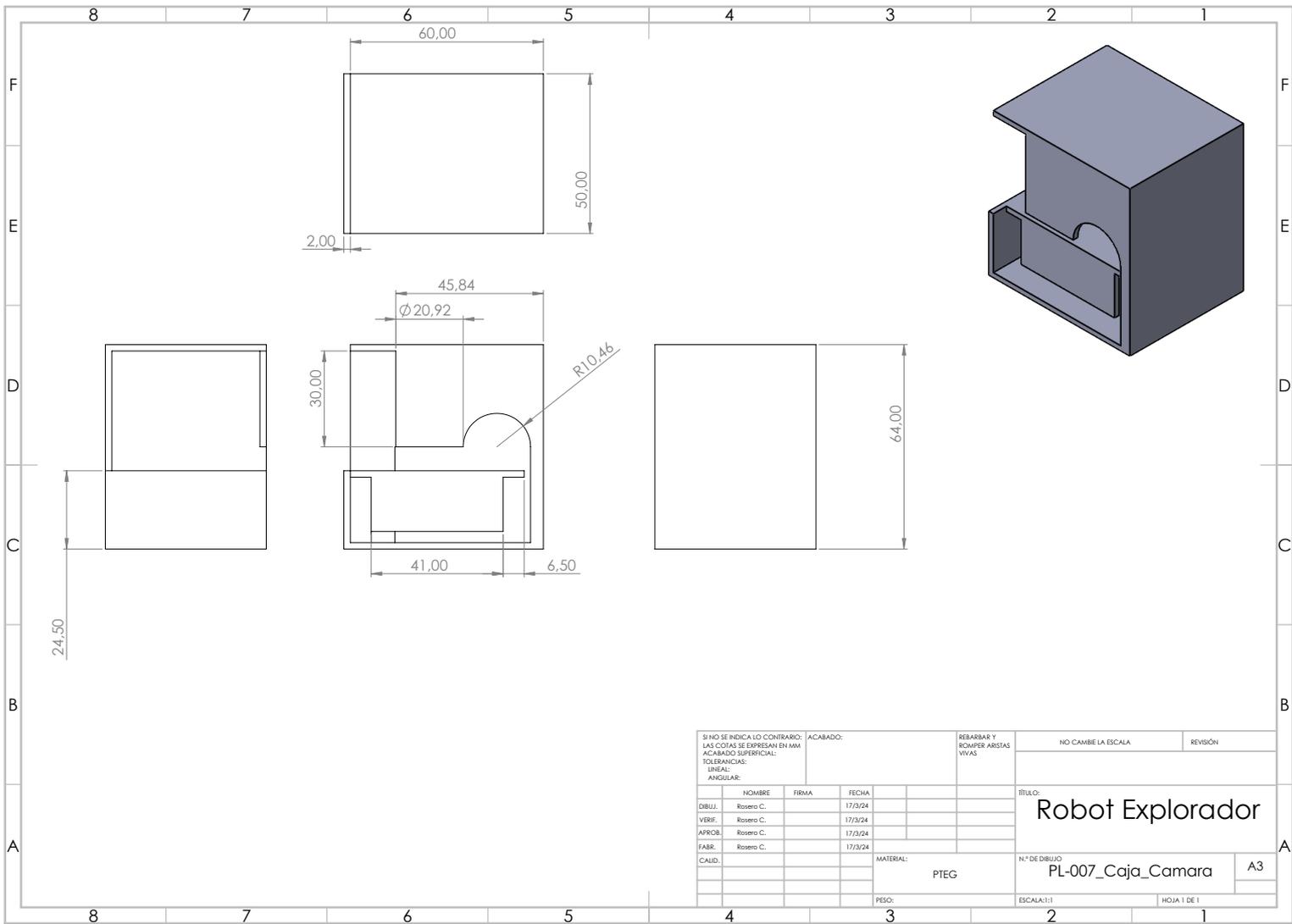




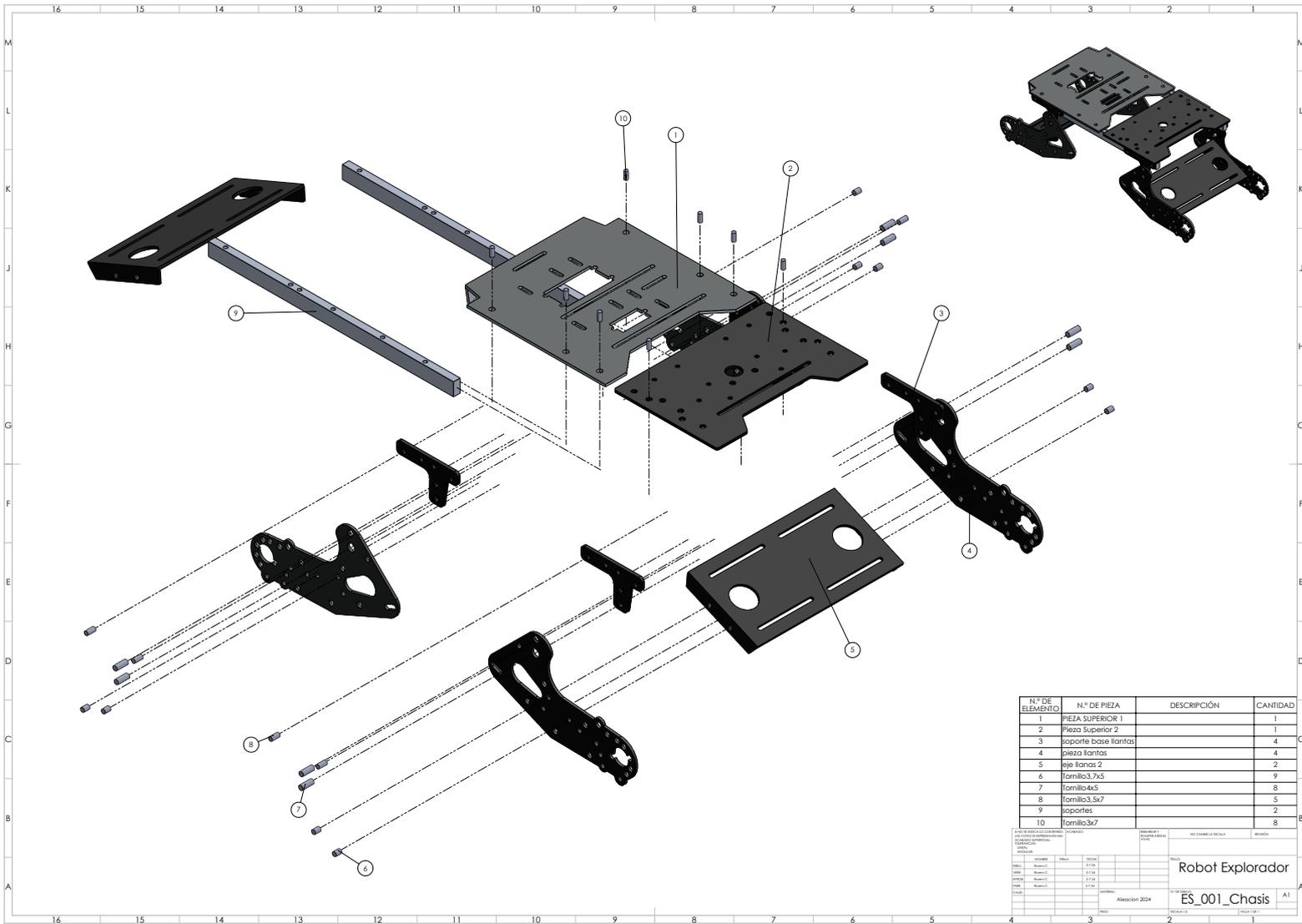
SI NO SE INDICA LO CONTINUED. LAS COTAS SE DIRIGIRAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: DIMENCIAL: ANGULARES:			ACABADO:	RESUMEN Y PUNTEO ANGULOS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISOR
DISEÑO: Ezequiel C. VERIF: Ezequiel C. APROB: Ezequiel C. FABR: Ezequiel C. CALIB:	FIRMA:     	FECHA: 15/03/24 15/03/24 15/03/24 15/03/24				
			MATERIAL:	TITULO: <b>Robot Explorador</b>		
			PTGE:	N° DE DIBUJO: <b>PL-005-PL-005-Control_Base</b>		
			FECH:	ESCALA: 1:2 HOJA 1 DE 1		



SI NO SE INDICALO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
DIBUJ.	ROSERO C	FIRMA	FECHA			TITULO: <b>Robot Explorador</b>	
VERIF.	Rosero C		17/3/24			N.º DE DIBUJO <b>PL-006-Soporte_Camara</b>	
APROB.	Rosero C		17/3/24			A3	
FABR.	Rosero C		17/3/24			ESCALA:1:1	
CAUID.					MATERIAL: <b>PETG</b>	HOJA 1 DE 1	
					PESO: <b>3</b>		

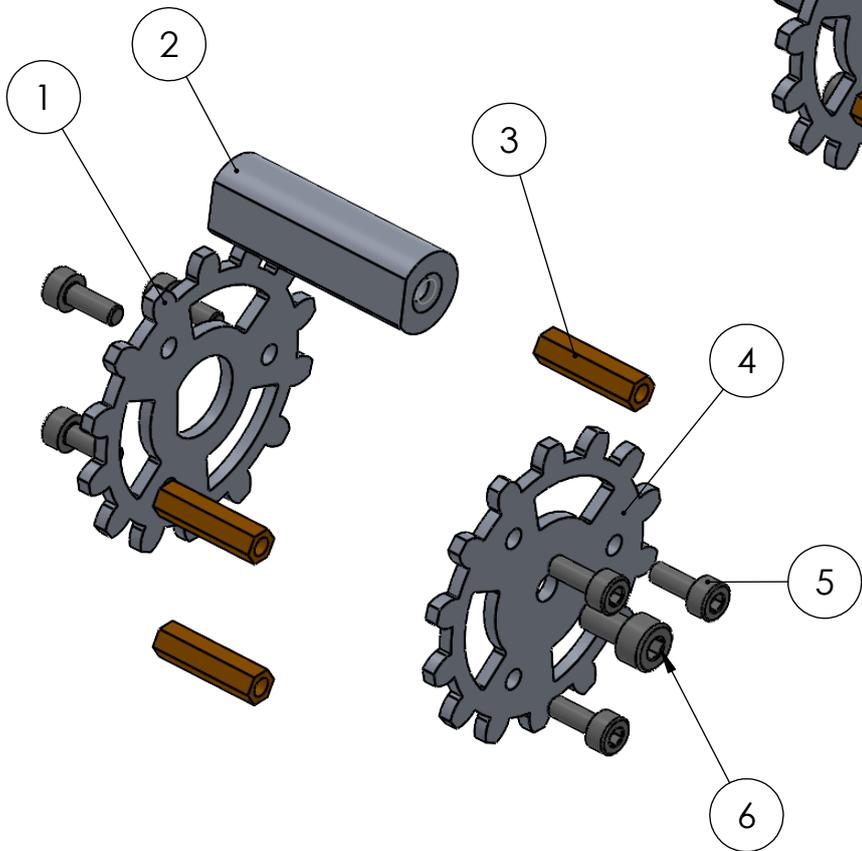


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.: Rosero C. VERIF.: Rosero C. APROB.: Rosero C. FABR.: Rosero C. CALIB.:				FIRMA:  FECHA: 17/3/24 17/3/24 17/3/24		MATERIAL: PTEG		PESO:		TÍTULO: <b>Robot Explorador</b>	
								N.º DE DIBUJO PL-007_Caja_Camara		A3	
								ESCALA: 1:1		HOJA 1 DE 1	



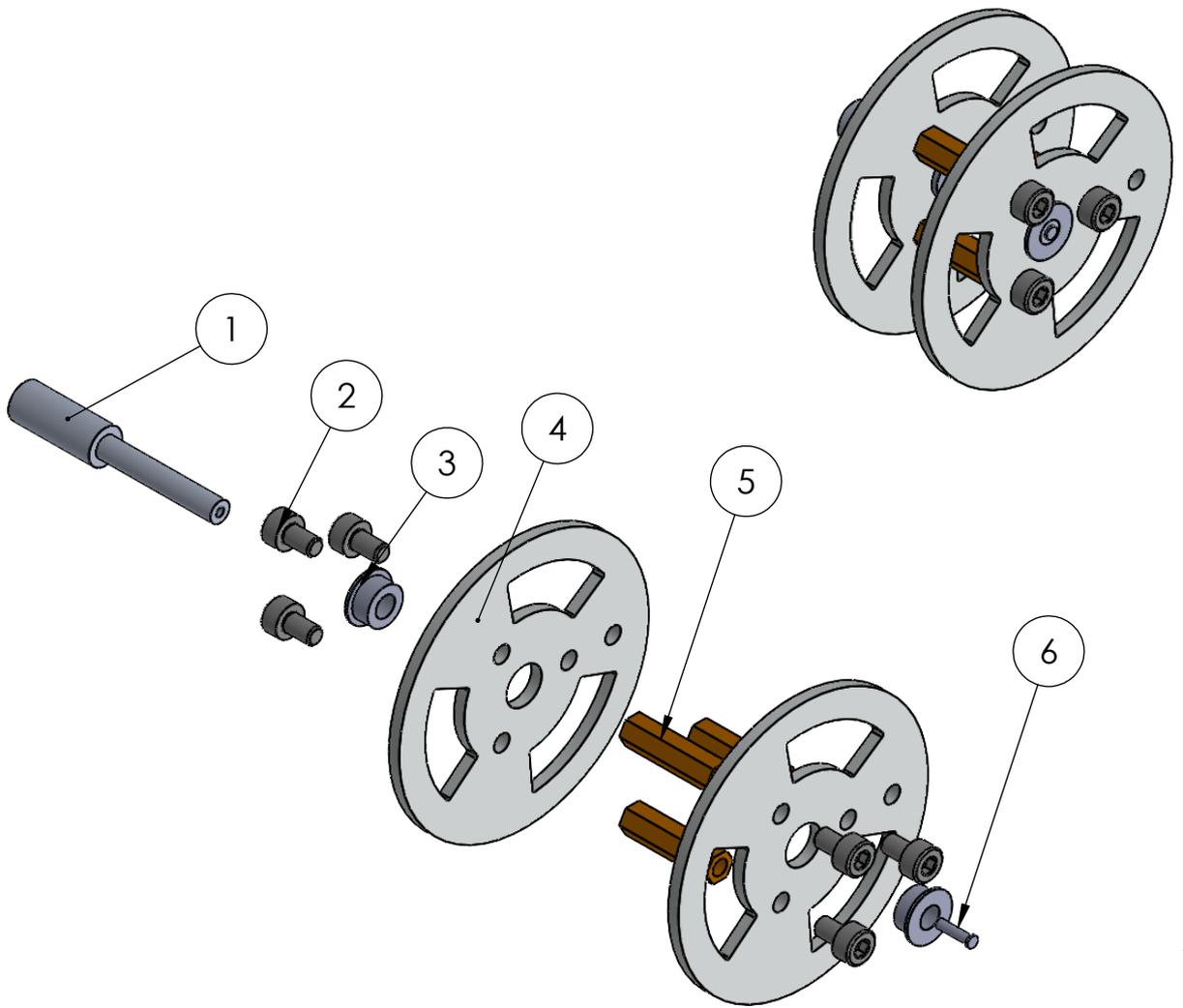
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	PIEZA SUPERIOR 1		1
2	Pieza Superior 2		1
3	soporte base llantas		4
4	pieza llantas 2		4
5	eje llantas 2		2
6	Tornillo 3,7x5		9
7	Tornillo 4x5		8
8	Tornillo 3,5x7		5
9	soportes		2
10	Tornillo 3x7		8

1. N.º DE PIEZA Y DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA 2. N.º DE ELEMENTO Y DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO 3. CANTIDAD				4. N.º DE PIEZA Y DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA 5. N.º DE ELEMENTO Y DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO 6. CANTIDAD
7. N.º DE PIEZA Y DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA 8. N.º DE ELEMENTO Y DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO 9. CANTIDAD	10. N.º DE PIEZA Y DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA 11. N.º DE ELEMENTO Y DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO 12. CANTIDAD	<b>Robot Explorador</b> ES_001_Chasis A1		
Alasación 2024				



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	engranaje fuera		1
2	Acople		1
3	soportes engranajes y ruedas		3
4	engranaje		1
5	DIN_912-M3x8	PART-_DIN 912-M3x8-DESC	6
6	DIN_912-M4x8	PART-_DIN 912-M4x8-DESC	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: <b>Robot Explorador</b>		
DIBUJ. Rosero C.		3-7-24			
VERIF. Rosero C.		3-7-24			
APROB. Rosero C.		3-7-24			
FABR. Rosero C.		3-7-24			
CALID.	MATERIAL: Aleación de aluminio 2024		N.º DE DIBUJO <b>ES_002_Engranajes</b>	A4	
PESO:			ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1	

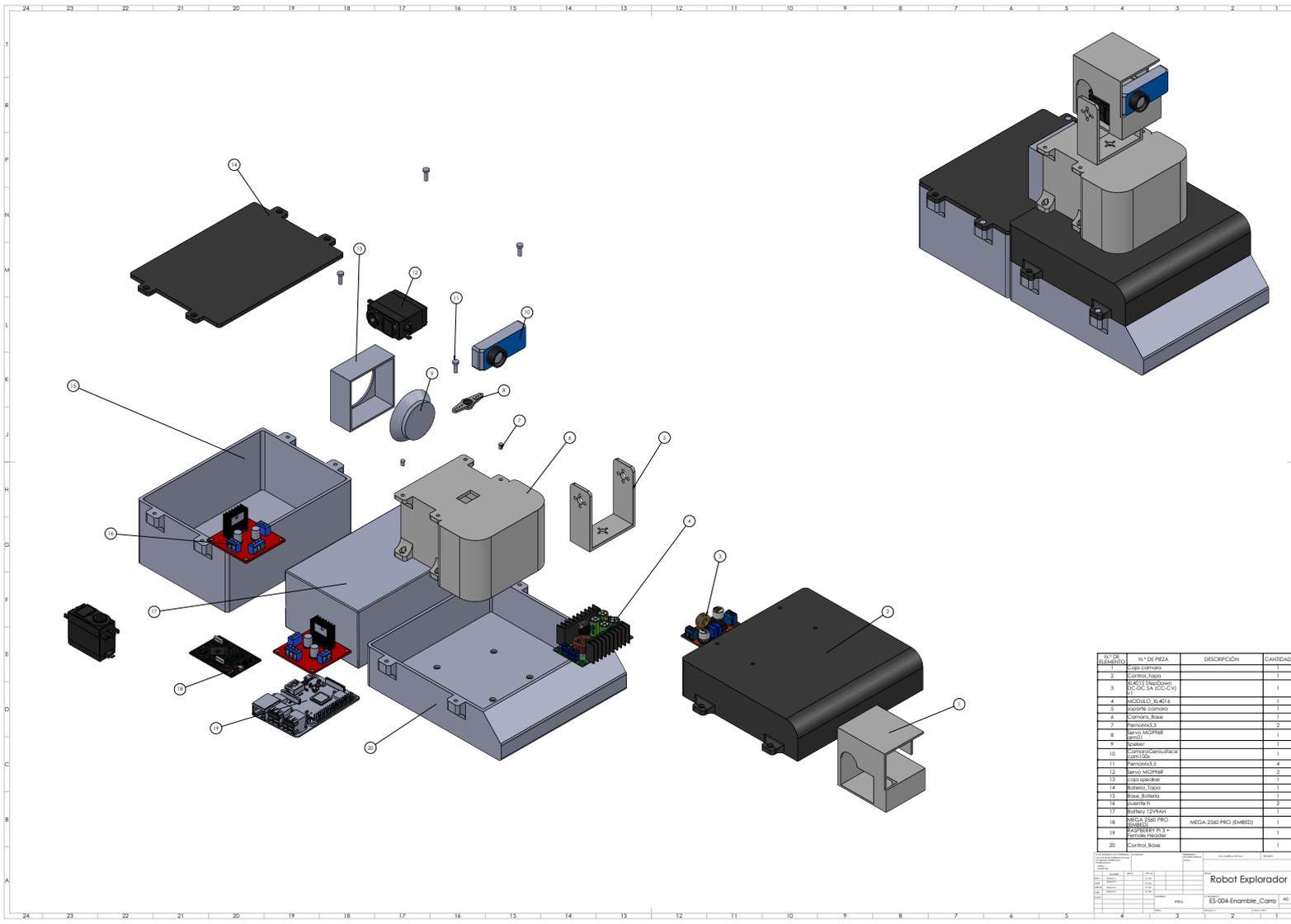


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	soportes nuevo		1
2	DIN_912-M3x5	PART-_DIN 912-M3x5-DESC	6
3	Rodamiento 6,8mm		2
4	ruedas		2
5	soportes engranajes y ruedas		3
6	Perno M1,5		1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
---	----------	---------------------------------	---------------------	----------

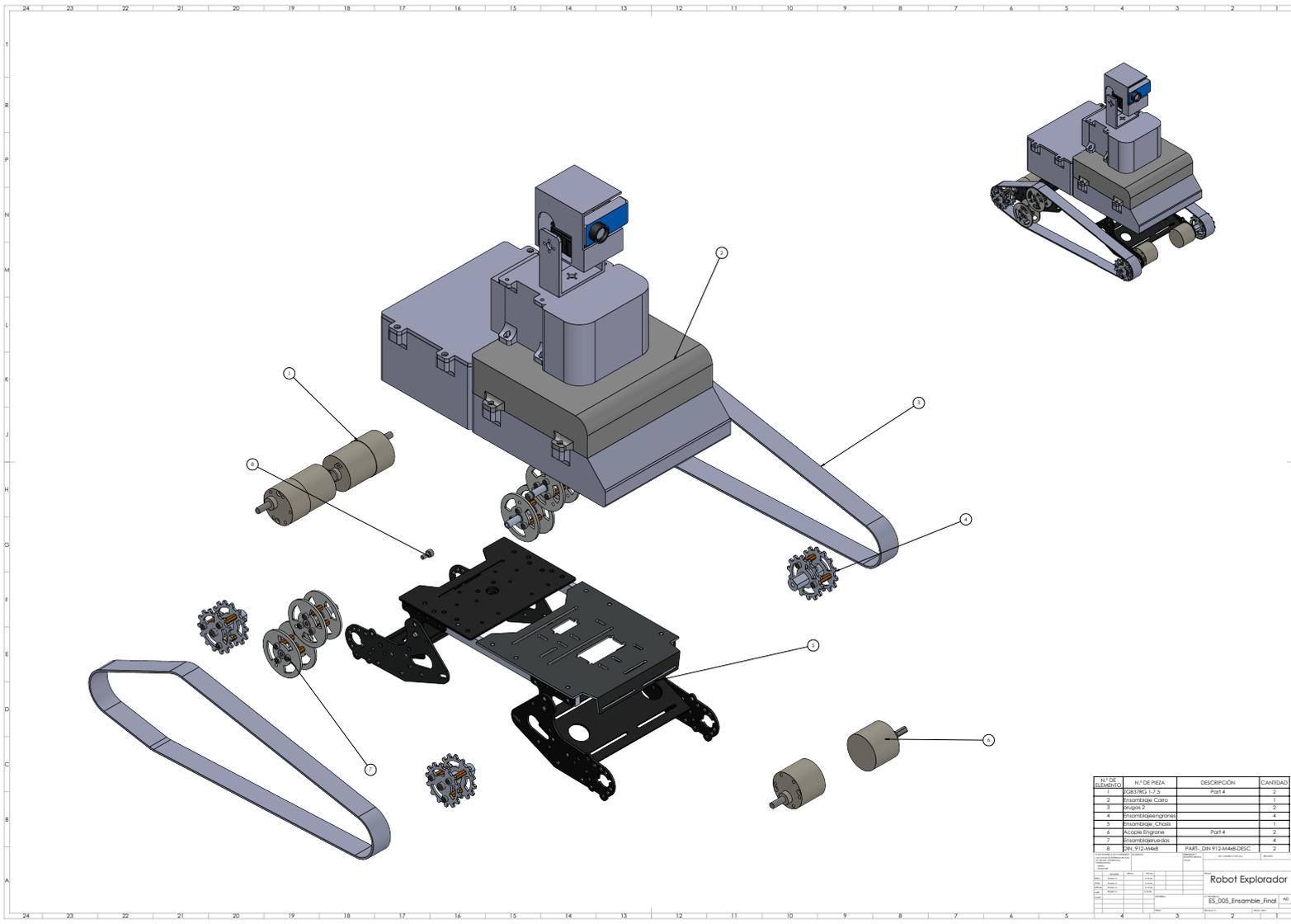
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Rosero C.		3-7-24
VERIF.	Rosero C.		3-7-24
APROB.	Rosero C.		3-7-24
FABR.	Rosero C.		3-7-24
CALID.			

TÍTULO:	<b>Robot Explorador</b>
N.º DE DIBUJO	<b>ES_003_Ruedas</b>
MATERIAL:	Aleación de aluminio 2024
PESO:	
ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1



ID / REF. ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Carro completo		1
2	Control Board		1
3	Motor NEMA 230V (CC-CV)		1
4	Modulo X401a		1
5	Carro completo		1
6	Carro Base		1
7	Transmisor		2
8	Servo MG9961		1
9	Botón		1
10	Controlador de velocidad		1
11	Transmisor		4
12	Servo MG9961		2
13	Motor Reductor		1
14	Botón de Stop		1
15	Base Botón		2
16	Carro		1
17	Batería 12V/4Ah		1
18	Placa 2560 PRO (EMBED)	MEGA 2560 PRO (EMBED)	1
19	ESP8266	ESP8266	1
20	Control Board		1

Robot Explorador  
 ES-004-Ensamble\_Carro

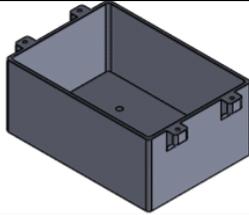


Nº DE ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	0343001102	Motor 4	2
2	Ensamblaje_Cano	Motor 4	1
3	engren 2		2
4	Ensamblajeengrenes		4
5	Ensamblaje_Cifras		1
6	Accesorio Digital	Motor 4	2
7	EnsamblajeCables		4
8	03431121448	PART_03431121448DESC	2

Robot Explorador  
ES\_005\_Ensamble\_Final

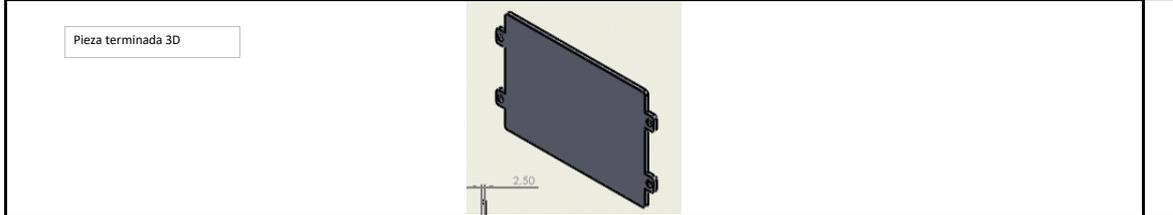
PROYECTO/PRÁCTICA:	Tesis	CONJUNTO N°:	Carro	HOJA:	1
PIEZA:	Base Control	PLANO N°:	1	Tipo de boquilla:	acero endurecido
MATERIAL:	PETG	FECHA:	13/3/2023	N# Boquilla:	0,4
REALIZADO POR:	Rosero C.				

Pieza terminada 3D



FASE	SUB FASE	OPERACIÓN	DENOMINACIÓN	CROQUIS	HERRAMIENTA	psd	p (mm)	Sopor tes	Relle no	tc min	CONTROL
1. Dibujo	Dibujo	1	Toma de medidas		calibrador			Si	60	2	visual
		2	Dibujo		Impresora 3D					30	
		3	Laminación		Impresora 3D					2	
2. OPERACIÓN DE TORNO	Impresion 3d	1	Colocar fijador en la maquina		Impresora 3D			Si	60	1	NUMERICO
		2	Eleccion de boquilla		Impresora 3D					13	NUMERICO
		3	Impresion 3d		Impresora 3D					658	NUMERICO
										2	NUMERICO

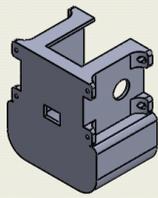
PROYECTO/PRÁCTICA:	Tesis	CONJUNTO N°:	Carro	HOJA:	1
PIEZA:	Bateria Tapa	PLANO N°:	2	Tipo de boquilla:	acero endurecido
MATERIAL:	PETG	FECHA:	13/3/2023	N# Boquilla:	0,4
REALIZADO POR:	Rosero C.				



FASE	SUB FASE	OPERACIÓN	DENOMINACIÓN	CROQUIS	HERRAMIENTA	psd	p (mm)	Sopores	Relle no	tc min	CONTROL
1. Dibujo	Dibujo	1	Toma de medidas		calibrador			NO	60	2	visual
		2	Dibujo		Impresora 3D					30	
		3	Laminación		Impresora 3D					2	
2. OPERACIÓN DE TORNO	Impresion 3d	1	Colocar fijador en la maquina		Impresora 3D			NO	60	1	NUMERICO
		2	Eleccion de boquilla		Impresora 3D					13	NUMERICO
		3	Impresion 3d		Impresora 3D					500	NUMERICO
										2	NUMERICO

PROYECTO/PRÁCTICA:	Tesis	CONJUNTO N°:	Carro	HOJA:	1
PIEZA:	Camara Base	PLANO N°:	3	Tipo de boquilla:	acero endurecido
MATERIAL:	PETG	FECHA:	14/3/2024	N# Boquilla:	0,4
REALIZADO POR:	Rosero C.				

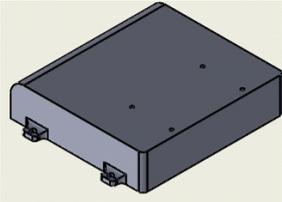
Pieza terminada 3D



FASE	SUB FASE	OPERACIÓN	DENOMINACIÓN	CROQUIS	HERRAMIENTA	psd	p (mm)	Sopor tes	Relle no	tc min	CONTROL
1. Dibujo	Dibujo	1	Toma de medidas		calibrador					2	visual
		2	Dibujo		Impresora 3D					30	
		3	Laminación		Impresora 3D					2	
2. OPERACIÓN DE TORNO	Impresion 3d	1	Colocar fijador en la maquina		Impresora 3D			Si	60	1	NUMERICO
		2	Eleccion de boquilla		Impresora 3D					13	NUMERICO
		3	Impresion 3d		Impresora 3D					6000	NUMERICO
										2	NUMERICO

PROYECTO/PRÁCTICA:	Tesis	CONJUNTO N°:	Carro	HOJA:	1
PIEZA:	Control Tapa	PLANO N°:	4	Tipo de boquilla:	acero endurecido
MATERIAL:	PETG	FECHA:	14/3/2024	N# Boquilla:	0,4
REALIZADO POR:	Rosero C.				

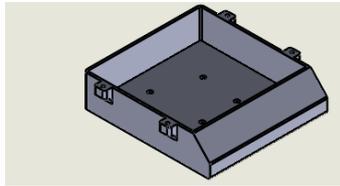
Pieza terminada 3D



FASE	SUB FASE	OPERACIÓN	DENOMINACIÓN	CROQUIS	HERRAMIENTA	psd	p (mm)	Sopor tes	Relle no	tc min	CONTROL
1. Dibujo	Dibujo	1	Toma de medidas		calibrador			Si	60	2	visual
		2	Dibujo		Impresora 3D					30	
		3	Laminación		Impresora 3D					2	
2. OPERACIÓN DE TORNO	Impresion 3d	1	Colocar fijador en la maquina		Impresora 3D			Si	60	1	NUMERICO
		2	Eleccion de boquilla		Impresora 3D					13	NUMERICO
		3	Impresion 3d		Impresora 3D					300	NUMERICO
										2	NUMERICO

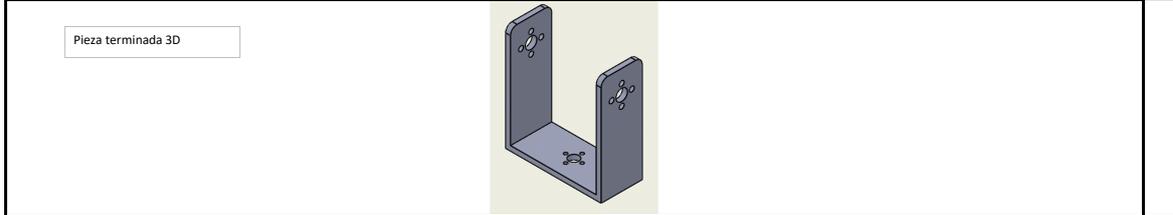
PROYECTO/PRÁCTICA:	Tesis	CONJUNTO N°:	Carro	HOJA:	1
PIEZA:	Base Control	PLANO N°:	5	Tipo de boquilla:	acero endurecido
MATERIAL:	PETG	FECHA:	14/3/2024	N° Boquilla:	0,4
REALIZADO POR:	Rosero C.				

Pieza terminada 3D



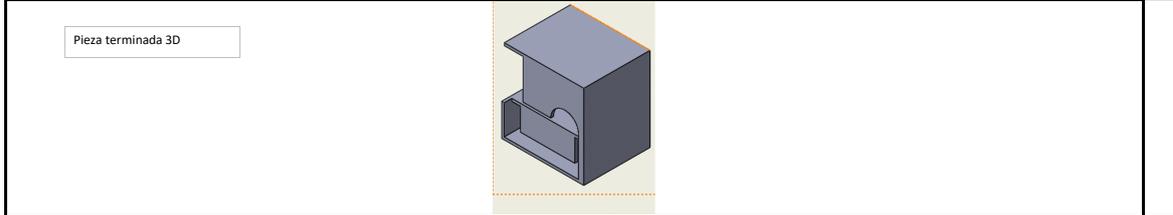
FASE	SUB FASE	OPERACIÓN	DENOMINACIÓN	CROQUIS	HERRAMIENTA	psd	p (mm)	Sopor tes	Relle no	tc min	CONTROL
1. Dibujo	Dibujo	1	Toma de medidas		calibrador			Si	60	2	visual
		2	Dibujo		Impresora 3D					30	
		3	Laminación		Impresora 3D					2	
2. OPERACIÓN DE TORNO	Impresion 3d	1	Colocar fijador en la maquina		Impresora 3D			Si	60	1	NUMERICO
		2	Eleccion de boquilla		Impresora 3D					13	NUMERICO
		3	Impresion 3d		Impresora 3D					6180	NUMERICO
										2	NUMERICO

PROYECTO/PRÁCTICA:	Tesis	CONJUNTO N°:	Carro	HOJA:	1
PIEZA:	Soporte Camara	PLANO N°:	5	Tipo de boquilla:	acero endurecido
MATERIAL:	PETG	FECHA:	17/3/2024	N# Boquilla:	0,4
REALIZADO POR:	Rosero C.				



FASE	SUB FASE	OPERACIÓN	DENOMINACIÓN	CROQUIS	HERRAMIENTA	psd	p (mm)	Soportes	Relle no	tc min	CONTROL
1. Dibujo	Dibujo	1	Toma de medidas		calibrador			No	60	2	visual
		2	Dibujo		Impresora 3D					30	
		3	Laminación		Impresora 3D					2	
2. OPERACIÓN DE TORNO	Impresion 3d	1	Colocar fijador en la maquina		Impresora 3D			No	60	1	NUMERICO
		2	Eleccion de boquilla		Impresora 3D					13	NUMERICO
		3	Impresion 3d		Impresora 3D					180	NUMERICO
										2	NUMERICO

PROYECTO/PRÁCTICA:	Tesis	CONJUNTO N°:	Carro	HOJA:	1
PIEZA:	Caja Camara	PLANO N°:	6	Tipo de boquilla:	acero endurecido
MATERIAL:	PETG	FECHA:	17/3/2024	N# Boquilla:	0,4
REALIZADO POR:	Rosero C.				



FASE	SUB FASE	OPERACIÓN	DENOMINACIÓN	CROQUIS	HERRAMIENTA	psd	p (mm)	Sopor tes	Relle no	tc min	CONTROL
1. Dibujo	Dibujo	1	Toma de medidas		calibrador			No	60	2	visual
		2	Dibujo		Impresora 3D					30	
		3	Laminación		Impresora 3D					2	
2. OPERACIÓN DE TORNO	Impresion 3d	1	Colocar fijador en la maquina		Impresora 3D			No	60	1	NUMERICO
		2	Eleccion de boquilla		Impresora 3D					13	NUMERICO
		3	Impresion 3d		Impresora 3D					180	NUMERICO
										2	NUMERICO